FELIKS PUDERECKI

CZYTANIE SCHEMATÓW URZĄDZEŃ ZABEZPIECZENIA RUCHU POCIĄGÓW

WYDAWNICTWA KOMUNIKACYJNE

Mgr inż. FELIKS PUDERECKI

656.257:003.63

CZYTANIE SCHEMATÓW URZĄDZEŃ ZABEZPIECZENIA RUCHU POCIĄGÓW



WARSZAWA 1958

WYDAWNICTWA KOMUNIKACYJNE

Broszura omawia zasady rysowania i czytania schematów urządzeń zabezpieczenia ruchu pociągów. Broszura podaje sposoby rysowania oraz stosowane oznaczenia (symbole). Oprócz schematów stosowanych na PKP omówione są przykładowo fragmenty schematów stosowanych za granicą.

Broszura przeznaczona jest dla monterów zabezpieczenia ruchu pociągów. Mogą z niej również korzystać technicy i uczniowie technikum kolejowego.

Opiniodawcy
inż. *Henryk Górecki*
mgr inż. *Tadeusz Mickiewicz*

Redaktor
Mikołaj Linsenbarth

Redaktor techniczny
Kazimierz Małachowski

Korektor
Jadwiga Studzińska

Opracowanie wersji cyfrowej
Artur Palka

WYDAWNICTWA KOMUNIKACYJNE, WARSZAWA 1958

Wydanie pierwsze	Oddano do składania 4. III. 1958
Nakład 2246+80 egz.	Podpisano do druku 12. VIII. 1958
Ark. wyd. 7,4; druk. 7,5	Druk ukończono w sierpniu 1958
Papier dzieł. sat. kl. V 70, A1	Zamówienie TT/1010/58

Toruńskie Zakłady Graficzne - Zam. 612 - N-9

PRZEDMOWA

Zasadniczą i istotną częścią urządzeń zabezpieczenia ruchu pociągów są obwody elektryczne przedstawiane za pomocą schematów.

Urządzenia zabezpieczenia ruchu pociągów są ciągle unowocześniane, zwłaszcza w ostatnich latach nastąpił szybki postęp w tej dziedzinie. Wprowadzane są coraz to nowe schematy elektryczne dostosowane do rodzaju urządzeń, wymagań ruchowych i możliwości technicznych, na które zezwalają elementy wchodzące w skład obwodów.

W porównaniu ze stosowanymi powszechnie prostymi schematami urządzeń mechanicznych schematy urządzeń elektrycznych są bardziej złożone ze względu na zastosowanie skomplikowanych nieraz rozwiązań. Czytanie schematów urządzeń elektrycznych i zrozumienie działania obwodów, które one przedstawiają, wymaga posiadania szeregu wiadomości. Pracownicy zabezpieczenia ruchu pociągów powinni więc stale podnosić swoje kwalifikacje zawodowe, aby korzystanie ze schematów nie nastręczało im trudności.

Ustalenie ogólnego przepisu dotyczącego sposobów czytania i korzystania ze schematów urządzeń zabezpieczenia ruchu pociągów jest niemożliwe, ze względu na różnorodność rozwiązań oraz stały rozwój urządzeń. Dla ułatwienia nauki czytania schematów można je podzielić na pewne grupy i omówić sposoby czytania schematów charakterystycznych dla danej grupy.

W niniejszej pracy zostały podane pewne zasady czytania schematów w zakresie, na który pozwoliła nieduża objętość broszurki.

Omawiając w rozdziale I podstawowe wiadomości z elektrotechniki chciałem przypomnieć niektórym pracownikom te wiadomości, które są potrzebne do korzystania ze schematów. Niewielka objętość broszury nie pozwoliła na omówienie wielu zagadnień

ułatwiających rozumienie schematów. Do problemów tych należałoby np. zaliczyć cechy zasadnicze elementów występujących w schematach lub wymagania techniczne, którym powinny odpowiadać schematy zabezpieczenia ruchu pociągów.

Charakterystyczne cechy schematów urządzeń zabezpieczenia ruchu pociągów, którymi różnią się one od innych schematów, np. energoelektrycznych lub teletechnicznych, wynikają z wymagań technicznych i ruchowych stawianych tym urządzeniom.

Oddając broszurę w ręce czytelników mam nadzieję, że nawet w tym skromnym zakresie będzie ona pomocną w czytaniu schematów.

AUTOR

Rozdział I

WIADOMOŚCI OGÓLNE

1. CO TO JEST SCHEMAT?

Schemat elektryczny jest graficznym przedstawieniem obwodów elektrycznych, utworzonych przez połączenie przewodami poszczególnych urządzeń i elementów dla uzyskania określonego ich działania.

Schematy wykorzystywane są bardzo szeroko w teletechnice, radiotechnice, automatyce przemysłowej itp. Wyrażane przez nie funkcje powiązane są ze sobą w czasie i zmieniają się zależnie od woli człowieka i czynników zewnętrznych. Schematy charakteryzują się rodzajem połączeń, ilością i rodzajem elementów oraz określonym wzajemnym rozmieszczeniem elementów w obwodzie elektrycznym. Zasadnicze znaczenie mają też właściwości elementów wchodzących do schematu, jak zależności czasowe działania tych elementów, polaryzacja itp.

Początkowo schematy elektryczne były proste. Odtwarzały dosyć wiernie rzeczywiste połączenia wykonane pomiędzy aparatami elektrycznymi i urządzeniami. Z wprowadzaniem coraz bardziej złożonych urządzeń elektrycznych dotychczasowy sposób rysowania stawał się nieprzejrzysty. Utrudniał czytanie i posługiwanie się schematami. W celu uzyskania prostego i łatwego rysowania schematów oraz posługiwania się nimi urządzenia i elementy wchodzące w skład schematów przedstawiane są obecnie za pomocą oznaczeń umownych (symboli), a połączenia między nimi — za pomocą linii.

W zabezpieczeniu ruchu pociągów (w skrócie zrp) schematy elektryczne odgrywają zasadniczą rolę. Rola ta nadal wzrasta w miarę wprowadzania nowych rodzajów urządzeń zrp, jak np.

dyspozytorskich urządzeń nastawczych (w skrócie DUN), blokady samoczynnej itp. oraz zastępowania zależności mechanicznych między zwrotnicami i sygnałami przez zależności elektryczne.

Schematy elektryczne stanowią formę przedstawienia pracy urządzeń zrp w nawiązaniu do planu schematycznego (plan torów stacji z naniesionymi sygnałami) i tablicy zależności (schematyczne przedstawianie umownymi znakami zależności między zwrotnicami, sygnałami itp.). W schematach zawarte są warunki i wymagania wynikające ze specyfiki urządzeń zrp.

Istnieją inne rodzaje urządzeń na stacjach i inne na szlakach. Każdy z tych rodzajów ma swoje specyficzne schematy, dostosowane do warunków ruchowych i wymagań techniczno-ekonomicznych. Schematy te różnią się od siebie.

Należy pamiętać, że zaświecanie się sygnałów na stacji czy przestawianie zwrotnic za pomocą napędów elektrycznych odbywa się w pewnych, nieraz skomplikowanych obwodach elektrycznych, których rysunkowym przedstawieniem są schematy. Schematy trzeba umieć analizować i czytać, jeżeli się chce znać urządzenia i usuwać usterki.

Każdy monter utrzymujący urządzenia spotyka się ze schematami. Im urządzenia są wyższej klasy, tym bardziej rośnie potrzeba umiejętności czytania schematów i korzystania z nich.

Schematy są podstawą do montażu urządzeń. One wskazują sposoby połączeń elementów między sobą, kolejność połączeń, miejsce umieszczania elementów oraz ich rodzaje i typy.

Schematy wyjaśniają sposoby działania urządzeń, współpracę i zależności między urządzeniami. Są one nieodzowne przy projektowaniu, budowie i utrzymaniu urządzeń zrp. Umiejętne posługiwanie się schematami usprawnia montaż i usuwanie usterek w działaniu urządzeń.

W obwodach przepływa stale lub w pewnych określonych momentach prąd elektryczny. Wywołuje on zjawiska, które są wykorzystywane do zadziałania przekaźnika, uruchomienia silnika czy zapalenia żarówki.

Mając do czynienia w schematach z prądem i skutkami, które on wywołuje, należy znać prawa rządzące przepływem prądu elektrycznego. Zasadnicze wzory i wiadomości z podstaw elektrotech-

niki powinny być znane każdemu pracownikowi korzystającemu ze schematów.

W obwodach występować mogą różne elementy i urządzenia. Jedne działają na prostej zasadzie pracy bez żadnych dodatkowych uzupełnień, inne natomiast mają specjalne rozwiązania konstrukcyjne, jak np. przekaźniki z podparciem mechanicznym kotwic. Analizując schemat należy wiedzieć, jak działa dane urządzenie i jakie ma specjalne charakterystyczne cechy techniczno-konstrukcyjne.

Urządzenia zrp spełniają ważną rolę, mianowicie zapewniają bezpieczne prowadzenie ruchu kolejowego. Przeto działanie ich musi być jak najbardziej niezawodne. Ten warunek wywiera zasadniczy wpływ na konstrukcję urządzeń i na rozwiązania schematowe.

W zabezpieczeniach obowiązuje podstawowa zasada, że pojawiająca się usterka nie powinna powodować zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. Jest to jedna z zasadniczych różnic między schematami zabezpieczeniowymi a schematami np. teletechnicznymi i automatyki przemysłowej. Zasada ta, jako wywierająca wpływ na układ i budowę schematów musi być znana pracownikom korzystającym ze schematów.

Dalszymi czynnikami, które powinien znać czytający, są zasady techniczne i ruchowe. Każdy schemat powinien odpowiadać określonemu celowi, podyktowanemu warunkami i wymaganiami ruchu oraz możliwościami technicznego wypełnienia tych warunków.

2. WIADOMOŚCI Z ELEKTROTECHNIKI

W czasie analizowania schematów nieraz zadajemy sobie pytania: jaki prąd płynie przez przekaźnik, czy styki wytrzymują bez szkody wielkość przepływającego prądu, czy przekaźnik umieszczony na sąsiedniej nastawni będzie miał dostateczne napięcie dla wykonania prawidłowej pracy, jaką moc pobierają żarówki, przekaźniki, elektromagnesy itp. Aby na nie sobie odpowiedzieć, musimy posłużyć się wiadomościami z elektrotechniki.

W tym podrozdziale będą podane najważniejsze wiadomości wraz z przykładami dotyczące prądu stałego i zmiennego, potrzebne do zrozumienia schematów urządzeń zrp.

2.1. Prąd stały

2.1.1. Prawo Ohma

Prawo Ohma jest podstawowym prawem w elektrotechnice, ustalającym zależność między opornością, prądem i napięciem w obwodach elektrycznych. Prawo to wyraża się wzorem:

$$I = \frac{U}{R} \, [\mathrm{A}] \, , \tag{1}$$

gdzie:

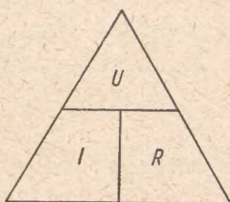
I — natężenie prądu w amperach,
U — napięcie prądu w woltach,
R — oporność w omach.

Po przekształceniach matematycznych wzoru (1) otrzymuje się dwie dalsze postacie tego prawa:

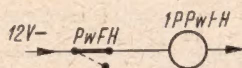
$$R = \frac{U}{I} \, [\Omega], \tag{2}$$

$$U = I \cdot R \, [\mathrm{V}]. \tag{3}$$

Dla zapamiętania podanych wzorów można korzystać z trójkąta zależności, przedstawionego na rysunku 1.



Rys. 1. Trójkąt zależności prawa Ohma



Rys. 2. Obwód pierwszego powtarzacza przekaźnika przeciwwtórnego dla semaforów wyjazdowych *F* i *H*

Przykrywając palcem obliczaną wielkość, np. U, otrzymujemy z pozostałych liter żądaną zależność, np. $I \cdot R$, zgodną z podanymi wzorami.

P r z y k ł a d 1. Jaki prąd płynie przez powtarzacz przekaźnika przeciwwtórnego, którego schemat podano na rysunku 2. Powtarzacz jest przekaźnikiem typu JRG 1008, zasilanym ze źródła prądu o napięciu 12 V.

Z katalogu odczytujemy, że oporność przekaźnika JRG 1008 — $R = 1000 \, \Omega$, a napięcie $U = 12$ V.

Ze wzoru (1) obliczamy wielkość prądu:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{1000} = 0{,}012\ \text{A} = 12\ \text{mA}$$

(mA — miliamper, 1 mA = 0,001 A = 10^{-3} A).

Przez przekaźnik płynie prąd o natężeniu 12 mA.

2.1.2. Obliczanie oporności

Obliczanie oporności może być dokonywane różnymi sposobami, zależnie od potrzeby i podanych wartości wyjściowych.

2.1.2.1. Obliczanie oporności według prawa Ohma

Przy podanych wartościach napięcia i prądu można obliczyć oporność ze wzoru (2).

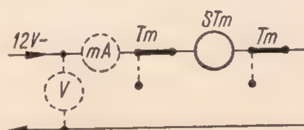
P r z y k ł a d 2. W urządzeniach mechanicznych z sygnalizacją świetlną zmierzono kolejno przyrządem uniwersalnym napięcie i prąd w obwodzie wzbudzonego przekaźnika sygnałowego tarczy manewrowej (rys. 3). Otrzymano wartości $U = 11{,}2$ V, $I = 11$ mA.

Jaką oporność ma przekaźnik?

Wartości U i I podstawiamy do wzoru (2). Jednak uprzednio trzeba przejść dla prądu z miliamperów na ampery. Do obliczeń należy wstawiać wartości we właściwych jednostkach:

$$I = 11\ \text{mA} = 0{,}011\ \text{A},$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{11{,}2}{0{,}011} \approx 1018\ \Omega.$$



Rys. 3. Obwód przekaźnika sygnałowego tarczy manewrowej w urządzeniach mechanicznych z sygnalizacją świetlną. Obwód zamknięty i przekaźnik *STm* ma przyciągniętą kotwicę. *Tm* — styki dźwigni sygnałowej tarczy manewrowej

Symbol ≈ oznacza, że obliczona wartość jest wartością zaokrągloną z przybliżeniem dostatecznym dla celów praktycznych.

Obliczona wartość 1018 Ω uwzględnia również oporność przewodów i przejścia styków. Oporności te, jako bardzo małe w porównaniu z opornością przekaźnika, można pominąć.

2.1.2.2. Obliczanie oporności według oporności właściwej

Oporność przewodu zależy od rodzaju materiału i jego wymiarów (długości i przekroju). Podaje to wzór:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}\ [\Omega], \tag{4}$$

gdzie:

ρ — oporność właściwa materiału, z którego wykonano przewód, w $\frac{\Omega\,mm^2}{m}$

(oporność właściwa jest to oporność drutu o długości 1 m i przekroju 1 mm^2 przy temperaturze 20°C; (ρ — czyt. ro),

l — całkowita długość przewodu w m,

s — przekrój przewodu w mm^2.

Wzór (4) znany jest również w postaci wzoru (5), w której zamiast oporności właściwej stosuje się wartość odwrotną do niej — przewodność właściwą, oznaczoną literą grecką γ (czyt. gamma):

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot s}\,[\Omega], \qquad (5)$$

$$\rho = \frac{1}{\gamma}\left[\frac{\Omega\,mm^2}{m}\right] \quad i \quad \gamma = \frac{1}{\rho}\left[\frac{m}{\Omega\,mm^2}\right].$$

Po przekształceniu matematycznym z równań (4) i (5) można obliczyć również długość przewodu (wzór 6 i 7), jeżeli dane są oporność i przekrój lub przekrój (wzór 8 lub 9) przy znanej oporności i długości przewodu.

$$l = \frac{R \cdot s}{\rho}\,[m], \qquad (6)$$

$$l = \gamma \cdot R \cdot s\,[m], \qquad (7)$$

$$s = \frac{\rho \cdot l}{R}\,[mm^2], \qquad (8)$$

$$s = \frac{l}{\gamma \cdot R}\,[mm^2]. \qquad (9)$$

P r z y k ł a d 3. Do semafora świetlnego, znajdującego się w odległości 1,0 km od nastawni, prowadzi kabel typu KNFpA 5 × 1. Ile wynosi oporność R dwóch żył tego kabla?

Z tablicy 1 znajdujemy, że dla miedzi przewodność właściwa

$$\gamma = 55\frac{m}{\Omega\,mm^2}, \quad l = 1{,}0\,km = 1000\,m, \quad s = 1\,mm^2.$$

Do wzoru wstawiamy wartość l pomnożoną przez dwa, gdyż obliczamy oporność pętli składającej się z dwóch żył:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot s} = \frac{1000 \cdot 2}{1 \cdot 55} \approx 36{,}4\ \Omega.$$

2.1.2.3. Obliczanie oporności przy zmianach temperatury

Z fizyki wiemy, że oporność materiału zmienia się ze zmianą temperatury. Metale przy wzroście temperatury zwiększają swoją oporność, natomiast węgiel i ciecze obniżają swoją oporność. Zmianę oporności zależnie od zmian temperatury wyraża współczynnik cieplny oporności.

Równa się on zmianie oporności zachodzącej w oporności 1 Ω przy nagrzaniu o 1°C i oznacza się grecką literą α (czyt. alfa). W tablicy 1 podano wielkości tych współczynników dla niektórych materiałów.

Tablica 1

Oporność właściwa, przewodność właściwa i współczynnik cieplny oporności przy 20° C

Lp.	Materiał		Oporność właściwa ρ $\frac{\Omega\,mm^2}{m}$	Przewodność właściwa γ $\frac{m}{\Omega\,mm^2}$	Współczynnik cieplny oporności α $\frac{1}{^\circ C}$
1	Aluminium	(Al)	0,028	35,4	+ 0,004
2	Miedź	(Cu)	0,018	55	+ 0,0038
3	Ołów	(Pb)	0,21	4,8	+ 0,00387
4	Rtęć	(Hg)	0,95	1,05	+ 0,0009
5	Srebro	(Ag)	0,016	62,5	+ 0,00377
6	Żelazo	(Fe)	0,13	7,7	+ 0,0048
7	Chromonikielina		1,1	0,91	+ 0,00025
8	Konstantan		0,5	2	— 0,000005
9	Manganin		0,43	2,33	+ 0,00003
10	Nikielina		0,4	2,5	+ 0,00023
11	Nowe srebro		0,3	3,3	+ 0,0002÷7

U w a g a. Znak + przy wartościach liczbowych współczynnika α oznacza, że z podwyższaniem temperatury oporność materiału wzrasta, a znak —, że oporność maleje.

Jeżeli przy pewnej temperaturze opornik metalowy ma oporność równą R_1, to przy ogrzaniu o t°C oporność wzrośnie o $\alpha \cdot t$ omów do wartości R_2, czyli:

$$R_2 = R_1 + R_1 \cdot \alpha t \quad \text{lub} \quad R_2 = R_1 (1 + \alpha t) \ [\Omega]. \qquad (10)$$

Dla węgla i cieczy wzór (10) będzie miał postać

$$R_2 = R_1 (1 - \alpha t) \ [\Omega]. \qquad (11)$$

Przykład 4. Jaka jest oporność R_2 włókna żarówki 12 V 24 W semafora świetlnego w czasie świecenia się, jeżeli w temperaturze pokojowej $t_1 = 20°C$ oporność włókna wynosi $R_1 = 0{,}5\ \Omega$. Temperatura włókna wolframowego w próżni przy świeceniu wynosi $t_2 = 2200°C$. Współczynnik cieplny wolframu wynosi $\alpha = 0{,}0048$.

Różnica temperatury wynosi:

$$t = t_2 - t_1 = 2200 - 20 = 2180°C.$$

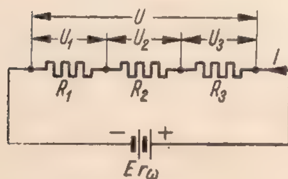
Oporność włókna w temperaturze 2200°C wyniesie:

$$R_2 = R_1 + (1 + \alpha t) = 0{,}5\,(1 + 0{,}0048 \cdot 2180) = 0{,}5\,(1 + 10{,}5) = 0{,}5 \cdot 11{,}5 = 5{,}75\,\Omega.$$

Otrzymany wynik wskazuje, że oporność włókna żarówki w stanie zimnym jest około 11 razy mniejsza niż w stanie gorącym.

2.1.3. Szeregowe łączenie oporników

Obwody elektryczne często składają się z wielu elementów łączonych szeregowo, to jest kolejno jeden za drugim, jak to jest widoczne z rysunku 4. Takimi elementami o określonej oporności są na przykład przewody, żyły kablowe, przekaźniki, elektromagnesy, oporniki itp.



Rys. 4. Obwód elektryczny z trzema opornikami połączonymi szeregowo

Oporność wypadkowa R całego obwodu (rys. 4) równa jest sumie oporności poszczególnych elementów:

$$R = R_1 + R_2 + R_3\ [\Omega]. \qquad (12)$$

W obwodzie podanym na rysunku 4 przez oporniki R_1, R_2 i R_3 płynie prąd o tym samym natężeniu, powodując na każdym z nich spadki napięć U_1, U_2 i U_3. Zgodnie z prawem Ohma (wzór 3) spadki napięć będą równe:

$$U_1 = I \cdot R_1\ [V], \quad U_2 = I \cdot R_2\ [V], \quad U_3 = I \cdot R_3\ [V].$$

Dodając wszystkie spadki napięć występujące w obwodzie otrzymujemy napięcie źródła prądu. W naszym przypadku akumulatora:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = I\,(R_1 + R_2 + R_3)\ [V]. \qquad (13)$$

Każde źródło energii elektrycznej wytwarza napięcie zwane siłą elektromotoryczną (skrót — *sem*) i ma oporność wewnętrzną r_w.

Sem jest napięciem na zaciskach źródła, gdy z niego nie pobiera się prądu (np. przy odłączeniu obwodu). W zamkniętym obwodzie prąd wywołuje spadek napięcia również i na oporze wewnętrznym źródła, równy $I \cdot r_w$. Dlatego napięcie na zaciskach źródła jest zawsze mniejsze od jego *sem*. Zależy ono od wielkości pobieranego prądu i oporności wewnętrznej źródła, zgodnie ze wzorami:

$$E = U + I \cdot r_w \text{ [V]} \quad \text{lub} \quad U = E - I \cdot r_w \text{ [V]},$$

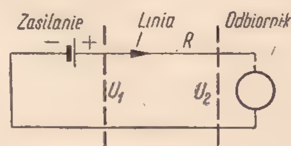
uwzględniając równanie (13) wyprowadzamy zależność

$$E = I (R_1 + R_2 + R_3 + r_w) \text{ [V]}. \qquad (14)$$

Wzór (14) stosowany jest powszechnie w elektrotechnice do obliczania obwodów i wyprowadza się z *drugiego prawa Kirchhoffa*. Mówi ono, że w obwodzie zamkniętym suma sił elektromotorycznych (napięć) równa się sumie spadków napięć.

Podane zależności stosuje się przy dowolnej ilości oporników połączonych szeregowo.

Ważnym przypadkiem przy szeregowym połączeniu źródła energii z odbiornikiem jest spadek napięcia w przewodach. W urządzeniach zrp spotykamy się z tym powszechnie w połączeniach urządzeń wewnętrznych z zewnętrznymi, w połączeniach między nastawniami itp.



Rys. 5. Obwód elektryczny z długimi przewodami połączeniowymi

W podanym na rysunku 5 obwodzie U_1 oznacza napięcie na początku linii, U_2 — napięcie na końcu linii. R jest opornością jednego przewodu.

Spadek napięcia w przewodach, gdy oporność obydwu przewodów jest jednakowa, wyniesie:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 2 \cdot I \cdot R \text{ [V]} \quad (\Delta \text{ czyt. delta}). \qquad (15)$$

Podstawiając na miejsce R wyrażenie ze wzoru (4) otrzymamy:

$$\Delta U = I \cdot \frac{2 \cdot l \cdot \rho}{s} \text{ [V]}. \qquad (16)$$

W praktyce znamy prąd i spadek napięcia, gdyż wartości te ustalone są dla odbiornika, który wymaga określonej wartości napięcia (prądu) do swej pracy. Znamy również odległość między źródłem

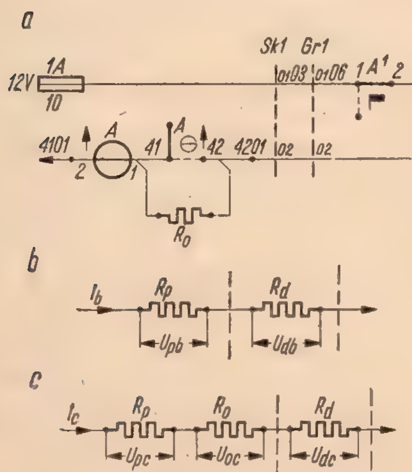
zasilania a odbiornikiem. Pozostaje do obliczenia wielkość przekroju przewodu, którą otrzymujemy ze wzoru (16) po przekształceniu rachunkowym:

$$s = I \cdot \frac{2 \cdot l \cdot \rho}{\Delta U} \text{ [mm}^2\text{]}. \qquad (17)$$

Linia przenosząca energię elektryczną scharakteryzowana jest przez względny spadek napięcia w linii:

$$p = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{\Delta U}{U_2} \cdot 100 \quad [\%]. \qquad (18)$$

Przykład 5. Dany jest obwód powtarzacza wjazdowego semafora ramiennego $A^1/_2$, jak na rysunku 6a. Odległość semafora od nastawni wynosi 0,5 km. Źródłem zasilania jest bateria składająca się z sześciu ogniw kwasowych.



Rys. 6. Obwód powtarzacza wjazdowego semafora ramiennego $A^1/_2$
a — obwód zasadniczy, b — obwód zastępczy w momencie przyciągania kotwicy elektromagnesu powtarzacza, c — obwód zastępczy po przyciągnięciu kotwicy elektromagnesu powtarzacza

Dane powtarzacza: oporność cewek R_p = 235 Ω, prąd przyciągania I_{p1} = 33,5 mA = 0,0335 A, prąd pracy I_t = 15,5 mA = 0,0155 A. Należy obliczyć:

a) przekrój przewodów,
b) oporność wypadkową obwodu,
c) natężenie prądu w obwodzie,
d) spadki napięć na poszczególnych elementach obwodu,
e) względny spadek napięcia w linii.

Obliczenia należy wykonać dla dwóch przypadków; w momencie przyciągania kotwicy przez elektromagnes, gdy opornik dodatkowy R_o = 370 Ω jest jeszcze zwarty stykiem elektromagnesu i po zadziałaniu, gdy w szereg z powtarzaczem włączony jest opornik dodatkowy.

a. Obliczenie przekroju przewodów

Do zadziałania przekaźnika potrzebne jest napięcie U_{p1}:

$$U_{p1} = R_p \cdot I_{p1} = 235 \cdot 0{,}0335 \approx 7{,}9 \text{ V}.$$

Końcowe napięcie wyładowania jednego ogniwa kwasowego wynosi 1,8 V, a baterii złożonej z sześciu ogniw U_b = 6 · 1,8 =10,8 V.

Spadek napięcia na oporności wewnętrznej baterii jako bardzo mały może być pominięty.

Spadek napięcia ΔU na przewodach nie powinien przekraczać wartości:

$$\Delta U = U_b - U_{p1} = 10{,}8 - 7{,}9 = 2{,}9 \text{ V}.$$

Ze wzoru (17) obliczamy przekrój przewodów miedzianych przy $l = 0{,}5$ km = = 500 m, $I_{p1} = 0{,}0335$ A i $\Delta U = 2{,}9$ V:

$$s_1 = I \cdot \frac{2 \cdot l \cdot \rho}{\Delta U} = 0{,}0335 \cdot \frac{2 \cdot 500 \cdot 0{,}018}{2{,}9} \approx 0{,}21 \text{ mm}^2.$$

Z katalogu wybieramy najbliższy większy przekrój żyły kabla blokowego $s_2 = 1$ mm².

b. Obliczenie oporności wypadkowej obwodu

Obwód z rysunku 6a można przedstawić jako szeregowe połączenie oporności: cewek elektromagnesu R_p, przewodów R_d i opornika R_o zgodnie z rysunkiem 6b dla momentu przyciągania kotwicy elektromagnesu i zgodnie z rysunkiem 6c po jego zadziałaniu.

Oporność przewodów wynosi:

$$R_d = \frac{2 \cdot l \cdot \rho}{s} = \frac{2 \cdot 500 \cdot 0{,}018}{1} = 18 \ \Omega.$$

Z treści zadania wiemy, że $R_p = 235 \ \Omega$, a $R_o = 370 \ \Omega$.

Oporność wypadkowa przy przyciąganiu elektromagnesu wynosi $R_b = R_p + R_d = 235 + 18 = 253 \ \Omega$ (rys. 6b) — a po jego zadziałaniu $R_c = R_p + R_o + R_d = 235 + 370 + 18 = 623 \ \Omega$ (rys. 6c).

c. Obliczenie natężenia prądu w obwodzie

Przy przyciąganiu elektromagnesu:

$$I_b = \frac{U_b}{R_b} = \frac{10{,}8}{253} \approx 42{,}7 \text{ mA}.$$

$I_b > I_{p1}$ (ta forma zapisu oznacza, że prąd I_b jest większy od prądu I_{p1}).

Po zadziałaniu elektromagnesu:

$$I_c = \frac{U_b}{R_c} = \frac{10{,}8}{623} \approx 17{,}3 \text{ mA}.$$

$$I_c > I_t.$$

Wielkości natężeń prądu zapewniają prawidłową pracę powtarzacza w warunkach zmniejszonego do dopuszczalnej wielkości napięcia baterii.

d. Obliczenie spadków napięć na poszczególnych elementach obwodu

Do obliczeń spadków napięć wykorzystujemy prawo Ohma, gdyż można go stosować zarówno do całych obwodów jak i do dowolnej części nie zawierającej źródła energii. Przy przyciąganiu elektromagnesu zgodnie z rysunkiem 6b, spadek napięcia na cewkach elektromagnesu:

$$U_{pb} = R_p \cdot I_b = 235 \cdot 0{,}0427 = 10{,}03 \text{ V},$$

na przewodach:

$$U_{db} = R_d \cdot I_b = 18 \cdot 0{,}0427 = 0{,}77 \text{ V},$$

razem całkowity spadek:

$$U_b = U_{pb} + U_{db} = 10{,}03 + 0{,}77 = 10{,}8 \text{ V}.$$

Po zadziałaniu elektromagnesu:

$$U_{pc} = R_p \cdot I_c = 235 \cdot 0{,}0173 = 4{,}08 \text{ V},$$

$$U_{dc} = R_d \cdot I_c = 18 \cdot 0{,}0173 = 0{,}32 \text{ V},$$

a spadek napięcia na oporniku:

$$U_{oc} = R_o \cdot I_c = 370 \cdot 0{,}0173 = 6{,}4 \text{ V},$$

razem:

$$U_b = U_{pc} + U_{dc} + U_{oc} = 4{,}08 + 0{,}32 + 6{,}4 = 10{,}8 \text{ V},$$

e. Względny spadek napięcia w linii

Przy przyciąganiu elektromagnesu:

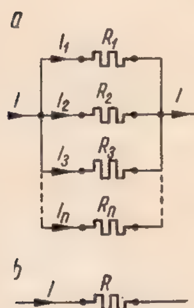
$$p = \frac{U_b - U_{pb}}{U_{pb}} \cdot 100 = \frac{10{,}8 - 10{,}03}{10{,}03} \cdot 100 = \frac{0{,}77}{10{,}03} \cdot 100 \approx 7{,}6\%.$$

Po zadziałaniu elektromagnesu:

$$p = \frac{U_b - (U_{pc} + U_{oc})}{U_{pc} + U_{oc}} \cdot 100 = \frac{10{,}8 - 10{,}48}{10{,}48} \cdot 100 = \frac{0{,}32}{10{,}48} \cdot 100 \approx 3{,}1\%.$$

W podanym obliczeniu pominięto oporność przewodów doprowadzeniowych wewnątrz nastawni i przejścia styków jako bardzo małe w porównaniu z opornością powtarzacza, opornika i żył kabla.

2.1.4. Równoległe łączenie oporników



Rys. 7. Oporniki połączone równolegle
a — obwód z *n* opornikami połączonymi równolegle, *b* — oporność wypadkowa *n* oporników połączonych równolegle

Przy równoległym łączeniu wszystkie oporniki (odbiorniki) obwodu przyłączone są do wspólnych zacisków z jednej i drugiej strony zgodnie z rysunkiem 7a. Oporność wypadkowa takiego obwodu jest mniejsza od oporności opornika o najmniejszej wartości włączonego równolegle. Jest tu więc odwrotnie niż przy szeregowym włączeniu oporników (odbiorników), przy którym oporność wypadkowa jest większa od oporności każdego pojedynczego opornika.

Oporność wypadkową opornika (rys. 7b), którego wartość odpowiada oporności *n* oporników połączonych równolegle (rys. 7a) oblicza się ze wzoru:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\ldots\ldots+\frac{1}{R_n}\,[\Omega]. \tag{19}$$

Przy połączeniach równoległych w pewnych obliczeniach wygodniej jest wyrażać wzór (19) w zależności od przewodności poszczególnych oporników. Przewodność G jest wielkością odwrotnie proporcjonalną do oporności:

$$R=\frac{1}{G}\,[\Omega] \quad \text{i} \quad G=\frac{1}{R}\,[\mathrm{S}]. \tag{20}$$

S — oznaczenie jednostki przewodności simens.

Przewodności poszczególnych gałęzi obwodu z rysunku 7a wyniosą:

$$G_1=\frac{1}{R_1}; \quad G_2=\frac{1}{R_2}; \quad G_3=\frac{1}{R_3}; \quad G_n=\frac{1}{R_n},$$

a przewodność wypadkowa:

$$G=G_1+G_2+G_3+\ldots+G_n\ [\mathrm{S}]. \tag{21}$$

Dla dwóch równolegle połączonych oporników oporność wypadkowa wynosi:

$$R=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}\,[\Omega], \tag{22}$$

a dla trzech:

$$R=\frac{R_1\cdot R_2\cdot R_3}{R_1\cdot R_2+R_1\cdot R_3+R_2\cdot R_3}\,[\Omega]. \tag{23}$$

Prąd dopływający do wspólnego punktu połączenia równoległego oporników rozdziela się na poszczególne gałęzie zgodnie z *pierwszym prawem Kirchhoffa*. Mówi ono, że w każdym węźle suma prądów dopływających równa się sumie prądów odpływających.

W nawiązaniu do obwodu podanego na rysunku 7a wyrazi się to wzorem:

$$I=I_1+I_2+I_3+\ldots+I_n\ [\mathrm{A}]. \tag{24}$$

Pierwsze prawo Kirchhoffa, podobnie jak prawo Ohma i drugie prawo Kirchhoffa, jest powszechnie stosowane do obliczania obwodów elektrycznych.

Spadki napięć na opornikach połączonych równolegle są sobie równe i zgodnie z prawem Ohma przy dwóch opornikach wynoszą:

$$U=I_1\cdot \mathrm{R}_1[\mathrm{V}], \quad U=I_2\cdot R_2[\mathrm{V}],$$

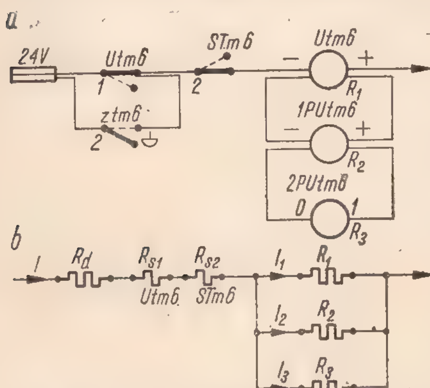
stąd:

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

a po przekształceniu matematycznym:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}. \tag{25}$$

Zależność (25), wyrażona stosunkiem prądów i oporności, mówi że prądy w poszczególnych gałęziach są odwrotnie proporcjonalne do oporności w tych gałęziach lub wprost proporcjonalne do przewodności tych gałęzi. Inaczej mówiąc, w gałęziach o mniejszej oporności płynie prąd większy niż w gałęziach o oporności większej.



Rys. 8. Obwód przekaźnika utwierdzenia przebiegu manewrowego z dwoma przekaźnikami powtarzaczami; urządzenia przekaźnikowe zrp
a — obwód zasadniczy, *b* — obwód zastępczy

P r z y k ł a d 6. W urządzeniach przekaźnikowych zrp zastosowano dla przekaźnika utwierdzenia przebiegu typu JRB 11129 tarczy manewrowej *6* dwa przekaźniki-powtarzacze: *1PUtm6* typu JRB11129 i *2PUtm6* typu JRG1009, ze względu na wymaganą większą ilość styków niż ma przekaźnik główny *Utm6* dla uzyskania potrzebnych zależności. Obwód przekaźnika *Utm6* podano na rysunku 8a. Obliczyć oporność wypadkową *R* obwodu.

Z katalogu wynika, że oporność przekaźników podanego typu jest jednakowa i wynosi 4000 Ω; $R_1 = R_2 = R_3 = 4000$ Ω.

Oporność wypadkową obliczamy zgodnie ze wzorem (23)

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3},$$

a ponieważ oporności są równe, przeto:

$$R = \frac{R_1^3}{3 \cdot R_1^2} = \frac{R_1}{3} = \frac{4000}{3} \approx 1333 \, \Omega.$$

Oporność wypadkowa obwodu wynosi 1333 Ω.

P r z y k ł a d 7. Obliczyć natężenie prądu w gałęziach równoległych w obwodzie przedstawionym na rysunku 8a, jeżeli wiadomo, że oporność przejścia styków węgiel-srebro wynosi 0,3 Ω, a oporność styków srebro-srebro — 0,03 Ω. Całkowita długość przewodów łączących źródło prądu

z przekaźnikiem *Utm6* wynosi $l = 20$ m. Przekrój przewodu $s = 1$ mm². Zmierzone napięcie zasilania $U = 23{,}4$ V.

Po uwzględnieniu oporności przewodów i przejścia styków obwód, w którym przekaźnik pozostaje wzbudzony, z rysunku 8a może być przedstawiony przez obwód elektryczny, gdzie elementy zastąpiono opornikami zgodnie z rysunkiem 8b.

Oporność styku czynnego *Utm6* wynosi $R_{s_1} = 0{,}3\ \Omega$, oporność styku biernego *STm6* – $R_{s_2} = 0{,}03\ \Omega$, a oporność przewodów łączących $R_d = \frac{20 \cdot 0{,}018}{1} = 0{,}36\ \Omega$. Oporność wypadkowa trzech równolegle połączonych przekaźników obliczona w przykładzie 6 wynosi $R = 1333\ \Omega$.

Oporność całkowita obwodu:

$$R_c = R_d + R_{s_1} + R_{s_2} + R = 0{,}36 + 0{,}3 + 0{,}03 + 1333 = 1333{,}69\ \Omega.$$

Prąd w obwodzie:

$$I = \frac{U}{R_c} = \frac{23{,}4}{1333{,}69} \approx 0{,}0175\ \text{A} = 17{,}5\ \text{mA}.$$

Spadki napięć na poszczególnych opornościach wynoszą po dostatecznym dla praktycznych celów zaokrągleniu:

$$U_d = I \cdot R_d = 0{,}0175 \cdot 0{,}36 \approx 0{,}0063\ \text{V} = 6{,}3\ \text{mV}$$
$$U_{s_1} = I \cdot R_{s_1} = 0{,}0175 \cdot 0{,}3 \approx 0{,}0052\ \text{V} = 5{,}2\ \text{mV}$$
$$U_{s_2} = I \cdot R_{s_2} = 0{,}0175 \cdot 0{,}03 \approx 0{,}00052\ \text{V} = 0{,}52\ \text{mV}$$
$$U_1 = I \cdot R = 0{,}0175 \cdot 1333 \approx 23{,}388\ \text{V}.$$

Spadki napięć na przewodach i na stykach są bardzo małe w porównaniu ze spadkiem napięcia na przekaźnikach i mogą być w tym przypadku pominięte. Oporności gałęzi równoległych są sobie równe, więc i prądy przez nie płynące będą też sobie równe.

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{23{,}388}{4000} \approx 0{,}00583\ \text{A} = 5{,}83\ \text{mA}.$$

W obwodzie każdego z przekaźników płynie prąd o natężeniu 5,83 mA.

P r z y k ł a d 8. Obliczyć natężenie prądu płynącego w obwodach elektromagnesów powtarzaczy blokowych przyłączonych do wspólnego obwodu rozgałęźnego, jak podaje rysunek 9a. Obliczenia należy dokonać dla trzech przypadków: gdy wzbudzony jest jeden elektromagnes oraz dwa i cztery elektromagnesy. Oporność cewek elektromagnesu $R_e = 85\ \Omega$, prąd pracy $I_p = 20$ mA, napięcie zasilania $U = 6$ V, odległość między nastawniami $l = 1000$ m, przekrój żyły kablowej $s = 1$ mm².

Schemat powtarzaczy może być przedstawiony w postaci obwodu elektrycznego z opornikami zgodnie z rysunkiem 9b, gdy wzbudzony jest jeden powtarzacz, z rysunkiem 9c, gdy są wzbudzone dwa powtarzacze, a z rysunkiem 9d, gdy wzbudzone są cztery powtarzacze . R_d jest opornością żyły wspólnej, a R_{d_1}, R_{d_2}, R_{d_3}, R_{d_4} są opornościami żył do poszczególnych elektromagnesów.

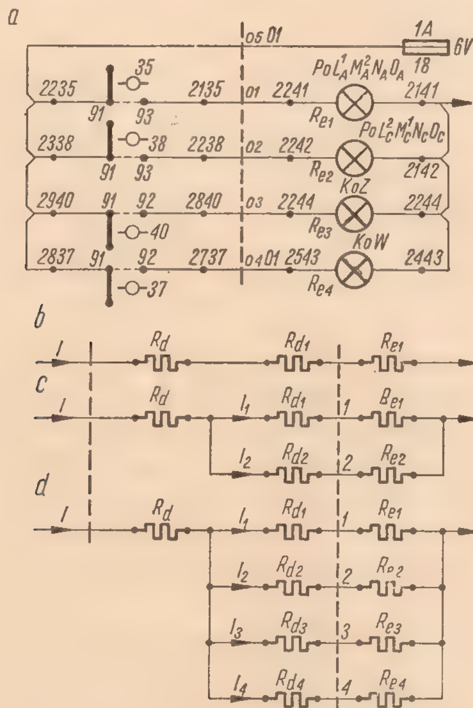
Oporność każdej żyły wynosi:

$$R_d = R_{d_1} = R_{d_2} = R_{d_3} = R_{d_4} = \frac{1000 \cdot 0{,}018}{1} = 18\ \Omega.$$

Przy wzbudzeniu jednego elektromagnesu (rys. 9b) natężenie prądu I wynosi:

$$I = \frac{U}{R_d + R_{d_1} + R_{e_1}} = \frac{6}{18 + 18 + 85} \approx 0{,}050\ \text{A} = 50\ \text{mA}.$$

Przy wzbudzeniu dwóch elektromagnesów (rys. 9c) prąd I we wspólnym przewodzie rozgałęzia się na prądy I_1 i I_2. Prądy te będą sobie równe, gdyż oporności gałęzi są jednakowe.



Rys. 9. Obwód powtarzaczy blokowych w urządzeniach mechanicznych zrp

a — obwód zasadniczy, *b* — obwód zastępczy przy wzbudzeniu jednego elektromagnesu, *c* — obwód zastępczy przy wzbudzeniu dwóch elektromagnesów, *d* — obwód zastępczy przy wzbudzeniu czterech elektromagnesów

Oporność wypadkowa gałęzi *1* i *2* wynosi:

$$R_{1\text{-}2} = \frac{(18+85) \cdot (18+85)}{(18+85)+(18+85)} = \frac{18+85}{2} = \frac{103}{2} = 51{,}5\ \Omega.$$

Prąd w przewodzie wspólnym:

$$I = \frac{U}{R_d + R_{1-2}} = \frac{6}{18 + 51,5} \approx 0,086 \text{ A} = 86 \text{ mA}.$$

Prąd w każdej gałęzi:

$$I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = \frac{86}{2} = 43 \text{ mA}.$$

Przy pracy czterech elektromagnesów (rys. 9d) oporność wypadkowa gałęzi *1, 2, 3* i *4* wynosi:

$$R_{1-4} = \frac{18 + 85}{4} = \frac{103}{4} = 25,75 \ \Omega.$$

Prąd w przewodzie wspólnym:

$$I = \frac{6}{18 + 25,75} \approx 0,137 \text{ A} = 137 \text{ mA}.$$

Prąd w każdej gałęzi:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \frac{I}{4} = \frac{137}{4} = 34,4 \text{ mA}.$$

Otrzymane z przykładu 8 wyniki wskazują, że włączenie elektromagnesów do wspólnego przewodu powoduje przepływ przez nie prądów o różnych natężeniach, zależnie od ilości jednocześnie pracujących elektromagnesów. Pewność działania wymaga zwrócenia uwagi na odbiorniki (np. przekaźniki) pracujące w obwodach rozgałęzionych ze wspólnym oporem w szereg, którym może być np. opór dodatkowy lub oporność linii. Mogą zdarzać się przypadki, że wskutek jednoczesnego działania wielu przekaźników prąd w nich zmaleje do wartości, przy której nie będą pracować.

2.1.5. Moc prądu stałego

Moc elektryczna prądu stałego jest iloczynem napięcia i prądu:

$$P = U \cdot I \ [\text{W}]. \tag{26}$$

Po wprowadzeniu do wzoru (26) zależności wynikających z prawa Ohma otrzymamy:

$$P = I^2 \cdot R \ [\text{W}] \tag{27}$$

i

$$P = \frac{U^2}{R} [\text{W}]. \tag{28}$$

Dla maszyn moc podaje się zwykle w koniach mechanicznych (skrót KM).

$$1\ \text{kW} = 1{,}36\ \text{KM}$$

$$1\ \text{KM} = 0{,}736\ \text{kW} = 736\ \text{W}$$

(kW — kilowat, 1 kW = 1000 W = 10^3 W).

Praca prądu elektrycznego A (energia elektryczna) jest iloczynem mocy i czasu. Wyraża się wzorem:

$$A = P \cdot t\ [\text{Ws}]\ \text{lub}\ [\text{Wh}], \qquad (29)$$

gdzie:

Ws — watosekunda,
Wh — watogodzina.

P r z y k ł a d 9. Jaką moc pobiera powtarzacz semafora ramiennego, gdy oporność cewek $R_p = 235\ \Omega$, prąd przyciągania $I_b = 42{,}7$ mA, prąd pracy $I_c = 17{,}3$ mA, i jaką pobiera energię przez 24 godziny.

Moc przyciągania:

$$P_b = I_b^2 \cdot R_p = 0{,}0427^2 \cdot 235 \approx 0{,}428\ \text{W} = 428\ \text{mW}.$$

Moc po zadziałaniu:

$$P_c = I_c^2 \cdot R_p = 0{,}0173^2 \cdot 235 \approx 0{,}070\ \text{W} = 70\ \text{mW}.$$

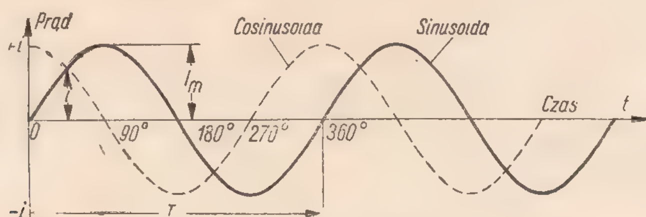
Energia elektryczna pobierana przez 24 godziny wynosi:

$$A = P_c \cdot t = 0{,}070 \cdot 24 = 1{,}48\ \text{Wh}.$$

2.2. Prąd zmienny

2.2.1. Podstawowe pojęcia

Prądem zmiennym nazywamy prąd, który zmienia w czasie swoją wielkość i kierunek.



Rys. 10. Przebieg prądu zmiennego

Przebieg prądu zmiennego obrazuje krzywa, zwana sinusoidą, zaznaczona na rysunku 10 linią ciągłą. Wartość wielkości zmiennej w dowolnym momencie nosi nazwę wartości chwilowej i ozna-

czona jest małą literą, np. wartość chwilowa prądu — i, napięcia — u. Największe z chwilowych wartości noszą nazwę amplitud, np. amplituda prądu — I_m (rys. 10), napięcia — U_m.

Odstęp czasu, po którego upływie przebieg zmian wielkości zmiennej zaczyna się powtarzać, nazywa się okresem lub cyklem i oznacza się literą T (rys. 10).

Wartością odwrotną do okresu jest częstotliwość, oznaczana literą f.

$$f = \frac{1}{T} [\mathrm{Hz}] \quad \text{lub} \quad T = \frac{1}{f} [\mathrm{s}] \tag{30}$$

Jednostką częstotliwości jest herc (skrót Hz) lub cykl na sekundę (skrót c/s).

Powszechnie stosowany w naszych mieszkaniach i zakładach pracy prąd zmienny ma częstotliwość 50 Hz. Oznacza to, że 100 razy na sekundę zmienia się kierunek prądu, a okres wynosi:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0{,}02\ \mathrm{s} = 20\ \mathrm{ms}$$

(ms — skrót nazwy jednostki czasu 1000 razy mniejszej od sekundy, zwanej milisekundą).

Przy częstotliwościach większych, które spotyka się w telekomunikacji, okres jest jeszcze krótszy. Na przykład przy częstotliwości 800 Hz wynosi on $T = \frac{1}{800} = 0{,}00125\ \mathrm{s} = 1{,}25\ \mathrm{ms}$.

Z częstotliwością wiąże się jednostka charakteryzująca źródło prądu, zwana pulsacją prądu zmiennego. Oznacza się ją literą grecką ω (czyt. omega). Między pulsacją a częstotliwością istnieje zależność wyrażona wzorem (31):

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \mathrm{Hz} \quad \text{lub} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \left[\frac{1}{\mathrm{s}}\right] \tag{31}$$

$$(\pi = 3{,}14).$$

Na przykład dla prądu o częstotliwości $f = 50$ Hz pulsacja $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 = 314 \frac{1}{\mathrm{s}}$.

Amperomierz włączony w obwód prądu zmiennego wykazuje pewną wartość w amperach. Ta wielkość prądu nazywa się wartością skuteczną, gdyż prąd stały tej wielkości daje taki sam efekt mocy jak prąd zmienny.

Między amplitudą prądu zmiennego I_m a jego wartością skuteczną I istnieje zależność:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m \approx 0{,}707\, I_m,$$

a

$$I_m = \sqrt{2}\, I \approx 1{,}41\, I.$$

Podobnie dla napięcia:

$$U = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m \approx 0{,}707\, I_m,$$

a

$$U_m = \sqrt{2}\, U \approx 1{,}41\, U. \qquad (32)$$

Przykład 10. Woltomierz włączony do obwodu prądu zmiennego wskazuje napięcie 380 V. Określić amplitudę napięcia.

$$U = 0{,}707\, U_m,$$

stąd:

$$U_m = \frac{U}{0{,}707} = \frac{380}{0{,}707} = 537{,}4 \text{ V}.$$

Wartości skuteczne prądu i napięcia należą do wielkości powszechnie stosowanych, mówiąc więc o napięciu lub prądzie zmiennym ma się na myśli właśnie wartości skuteczne.

2.2.2. Oporności przy prądzie zmiennym

Obwód prądu zmiennego charakteryzuje się pewnymi właściwościami, które nie występują przy prądzie stałym.

Prąd zmienny płynący przez cewki przekaźnika wywołuje w rdzeniu zmienny strumień magnetyczny, który znów zgodnie z prawem samoindukcji powoduje w cewce powstawanie *sem* (siły elektromotorycznej), zwanej *sem* samoindukcji. Ta *sem* działa w taki sposób, że przeciwdziała zmianie wielkości prądu, aby utrzymać jego poprzednią wartość. Jest ona dodatkową opornością dla przepływu prądu elektrycznego i zwana jest ogólnie opornością bierną, a bardziej dokładnie — opornością indukcyjną; oznacza się ją literą X_L. Wielkość oporności indukcyjnej zależy od częstotliwości f prądu zmiennego i indukcyjności L cewki. Wyraża się wzorem:

$$X_L = \omega \cdot L\ [\Omega], \qquad (33)$$

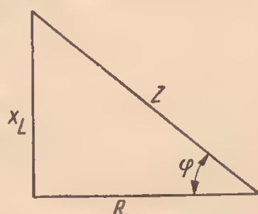
gdzie L — indukcyjność w H (henrach).

Prócz oporności biernej cewka ma oporność czynną R, taką jak dla prądu stałego. Obie te oporności dają oporność wypadkową, zwaną opornością pozorną, która wpływa na wielkość prądu zmiennego. Oporność pozorna Z wyraża się wzorem:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}\ [\Omega]. \qquad (34)$$

Wzór (34) ma postać znaną w matematyce jako wzór Pitagorasa, który podaje zależności między bokami w trójkącie prostokątnym.

Oporności czynna, bierna i pozorna mogą być przedstawione zatem rysunkowo w postaci trójkąta prostokątnego o bokach równych tym opornościom. Trójkąt nosi nazwę trójkąta oporności i przedstawiony jest na rysunku 11.



Rys. 11. Trójkąt prostokątny oporności czynnej (R), biernej (np. indukcyjnej X_L) i pozornej (Z)

Ze wzoru (34) wynika, że oporność dla prądu zmiennego jest większa niż dla prądu stałego; w cewce włączonej do obwodu prądu stałego popłynie prąd większy niż przy włączeniu jej do obwodu prądu zmiennego.

Kondensator stanowi oporność dla prądu zmiennego, zwaną opornością pojemnościową, oznaczaną literą X_C. Oporność ta rośnie ze zmniejszaniem się częstotliwości prądu i pojemności:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}\ [\Omega], \qquad (35)$$

gdzie **C** — pojemność w F (faradach).

Kondensatory mogą być łączone w szereg lub równolegle, przy czym pojemność wypadkową oblicza się przeciwnie niż przy połączeniach oporności lub indukcyjności. Przy równoległym połączeniu pojemność wypadkowa równa się sumie poszczególnych pojemności, analogicznie jak przy szeregowym połączeniu oporności i indukcyjności. Natomiast przy połączeniu szeregowym odwrotność pojemności wypadkowej równa się sumie odwrotności pojemności, podobnie jak przy równoległym połączeniu oporności i indukcyjności.

P r z y k ł a d 11. Obliczyć pojemność wypadkową C_w dwóch kondensatorów połączonych równolegle (rys. 12a) i szeregowo (rys. 12b).

Przy połączeniu równoległym:

$$C_w = C_1 + C_2 = 2 + 4 = 6 \text{ F}.$$

Przy połączeniu szeregowym:

$$\frac{1}{C_w} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\ \mathrm{F},$$

z przekształcenia:

$$C_w = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}\ \mathrm{F}, \qquad C_w = \frac{2 \cdot 4}{2 + 4} = \frac{8}{6} = 1\frac{1}{3}\ \mathrm{F}.$$

Oporność pozorną obwodu złożonego z kondensatora i opornika połączonych szeregowo oblicza się ze wzoru (36):

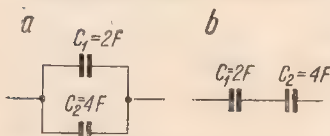
$$Z = \sqrt{R^2 - X_C^2}\ [\Omega]. \tag{36}$$

Jeżeli w obwód wchodzi jeszcze i indukcyjność, to wówczas oporność pozorna będzie równa:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}\ [\Omega]. \tag{37}$$

Oporności indukcyjne i pojemnościowe powodują, że zmiany napięcia i prądu nie przebiegają tak samo w czasie. Mówimy, że napięcie i prąd są względem siebie przesunięte o pewną fazę lub pewien kąt.

Indukcyjność powoduje opóźnianie się prądu względem napięcia, co oznacza, że gdy np. w danej chwili napięcie uzyskuje wartość maksymalną, to prąd jej jeszcze nie uzyskał. Uzyska ją za chwilę wtedy, gdy wartość chwilowa napięcia będzie już zmniejszona.



Rys. 12. Połączenia kondensatorów
a — równoległe, b — szeregowe

Natomiast pojemność wywiera skutek odwrotny od indukcyjności: powoduje wyprzedzanie napięcia przez prąd.

Oporności czynne nie powodują przesunięć fazowych. Prąd płynie w fazie z napięciem.

Kąt przesunięcia fazowego φ (rys. 11) między napięciem i prądem może być obliczony z następujących zależności:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

lub

$$\sin\varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{X_L - X_C}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}. \tag{38}$$

Cos jest skrótem funkcji cosinus (czyt. kosinus), a sin skrótem funkcji sinus.

Na rysunku 10 zaznaczono linią ciągłą przebieg sinusoidy, a przerywaną — cosinusoidy.

W obwodzie prądu zmiennego bez indukcyjności i pojemności wartości skuteczne napięcia i prądu podlegają prawu Ohma, obowiązującego w tej samej postaci jak dla obwodu prądu stałego, $I = \frac{U}{R}$; R jest opornością czynną. Prawo Ohma ważne jest też dla obwodów z indukcyjnością i pojemnością z tą różnicą, że do wzoru wstawiamy oporność pozorną Z:

$$I = \frac{U}{Z}\,[\mathrm{A}] \quad \text{lub} \quad Z = \frac{U}{I}\,[\Omega] \quad \text{lub} \quad U = I \cdot Z\,[\mathrm{V}]. \tag{39}$$

Oba prawa Kirchhoffa znajdują zastosowanie i w obwodach prądu zmiennego dla wartości skutecznych. Jednak wielkości napięcia lub prądu dodawane są nie matematycznie, jak dla prądu stałego, lecz geometrycznie z uwzględnieniem kątów fazowych (podobnie jak dodawanie wektorów sił w mechanice).

Przykład 12. Ile wynosi oporność indukcyjna X_L i indukcyjność L uzwojenia lokalnego przekaźnika torowego typu JRV10208, jeżeli przy pomiarze metodą techniczną amperomierz wskazał $I = 0{,}219$ A, a woltomierz $U = 220$ V; $f = 50$ Hz.

Oporność czynna cewki zmierzona mostkiem Wheatstone'a wyniosła $R = 56\ \Omega$.

Oporność pozorna uzwojenia cewki wynosi:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{220}{0{,}219} \approx 1004\ \Omega.$$

Oporność indukcyjną obliczamy ze wzoru (34):

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}\,,\ \text{stąd}\ X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{1004^2 - 56^2} \approx 1002\ \Omega.$$

Zgodnie ze wzorem (33) indukcyjność wynosi:

$$X_L = \omega \cdot L \qquad L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1002}{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 50} \approx 3{,}2\ \mathrm{H},$$

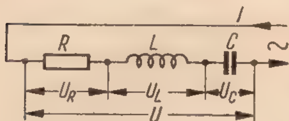
Indukcyjność uzwojenia lokalnego równa jest 3,2 H.

Kąt przesunięcia fazowego φ obliczamy z zależności:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{56}{1004} = 0{,}0557.$$

Z tablic trygonometrycznych znajdujemy dla wartości $\cos\varphi = 0{,}0557$ kąt $\varphi \approx 86°$. Oznacza to, że napięcie wyprzedza prąd o 86°.

Przykład 13. Do prądnicy prądu zmiennego o napięciu $U = 220$ V i częstotliwości $f = 50$ Hz przyłączono obwód składający się z szeregowo połączonych elementów o oporności czynnej $R = 30\ \Omega$, indukcyjności $L = 382$ mH i pojemności $C = 40\ \mu$ F (rys. 13). Określić prąd w obwodzie i spadki napięć na poszczególnych elementach.



Rys. 13. Obwód z opornością, indukcyjnością i pojemnością w połączeniu szeregowym

$$L = 382 \text{ mH} = 0{,}382 \text{ H},$$
$$C = 40\ \mu\text{F} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ F},$$

$$X_L = \omega . L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 0{,}382 = 120\ \Omega$$

(μF — mikrofarad, 1 μF = 0,000001 F = 10^{-6}F).

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 80\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{30^2 + (120 - 80)^2} = 50\ \Omega.$$

Prąd w obwodzie:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{50} = 4{,}4 \text{ A}.$$

Spadki napięć na elementach obwodu:

$$U_R = I \cdot R = 4{,}4 \cdot 30 = 132 \text{ V},$$
$$U_L = I \cdot X_L = 4{,}4 \cdot 120 = 528 \text{ V},$$
$$U_C = I \cdot X_C = 4{,}4 \cdot 80 = 352 \text{ V}.$$

2.2.3. Moc prądu zmiennego

Moc czynna prądu zmiennego oblicza się ze wzoru:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]}. \tag{40}$$

Wzór (40) może być stosowany do każdego obwodu prądu zmiennego lub do jego części. Jest podobny do wzoru (26) na moc prądu stałego z tą różnicą, że występuje współczynnik cos φ (czyt. kosinus fi), zwany współczynnikiem mocy. Wartość współczynnika mocy zawiera się w granicach od 0 do 1, zależnie od wielkości kąta przesunięcia fazowego między napięciem i prądem. Im większe przesunięcie faz, tym mniejszy jest cos φ, a tym samym i mniejsza moc czynna.

Cos φ wskazuje na stopień wykorzystania urządzeń elektrycznych i ich sprawność. Mała wartość cos φ świadczy o małym wykorzystaniu urządzeń, gdyż moc czynna jest mała.

Przesunięcia fazowe między napięciem a prądem powodują cewki indukcyjne, elektromagnesy, silniki asynchroniczne, dławiki, kondensatory, odcinki izolowane. Żarówki, kuchenki oporowe i inne oporniki o oporności czynnej nie powodują przesunięcia fazowego. Ich cos $\varphi = 1$ ($\varphi = 0°$). W istniejących urządzeniach elektrycznych podwyższenie cos φ osiąga się przez przyłączenie kondensatorów równolegle do odbiorników. Wówczas wypadkowy kąt przesunięcia fazowego maleje.

Moc pozorna:

$$S = U \cdot I \text{ [VA]}. \tag{41}$$

Moc bierna:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ [VAr]}. \tag{42}$$

Jednostką mocy pozornej jest woltoamper (VA), a mocy biernej — war (VAr).

P r z y k ł a d 14. Woltomierz, amperomierz i watomierz włączone w obwód napędu zwrotnicowego wskazały następujące wielkości: $U = 220$ V, $I = 5{,}2$ A, $P = 1060$ W. Obliczyć Z, R, X_L, cos φ i S silnika napędu.

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{220}{5{,}2} = 42{,}3\ \Omega \qquad P = I^2 \cdot R,$$

stąd:

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{1060}{5{,}2^2} = 39{,}2\ \Omega.$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{42{,}3^2 - 39{,}2^2} \approx 15{,}9\ \Omega,$$

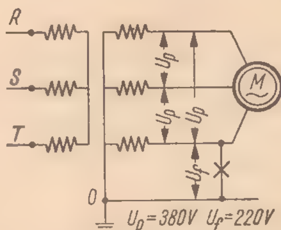
$$\cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{P}{S} = \frac{1060}{1144} \approx 0{,}93,$$

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 5{,}2 = 1144 \text{ VA}.$$

2.2.4. Prąd trójfazowy

Zaletą prądu trójfazowego w porównaniu z jednofazowym jest kilkakrotne zmniejszenie strat mocy w przewodach przy zasilaniu tych samych odbiorników.

Przy stosowaniu prądu trójfazowego istnieją dwa sposoby łączenia uzwojeń prądnic (generatorów), transformatorów i odbiorników: w trójkąt i w gwiazdę. W obwodach prądu trójfazowego (rys. 14) występują napięcia fazowe U_f między przewodem fazowym a punktem lub przewodem zerowym (ziemia), np. 220 V,



Rys. 14. Obwód prądu trójfazowego

i napięcia międzyprzewodowe U_p między przewodami fazowymi, np. 380 V. Podobnie występują prądy fazowe I_f i przewodowe I_p.

Przy połączeniu w gwiazdę między U_p i U_f istnieje zależność:

$$U_{p\lambda} = \sqrt{3}\, U_{f\lambda} = 1{,}73\, U_{f\lambda}\ [V]$$

a

$$I_p = I_{f\lambda}\ [A]. \qquad (43)$$

Przy połączeniu w trójkąt:

$$U_{p\Delta} = U_{f\Delta}\ [V]$$

a

$$I_{p\Delta} = \sqrt{3}\, I_{f\Delta} = 1{,}73\, I_{f\Delta}\ [A]. \qquad (44)$$

Moc czynna jednej fazy:

$$P_{f1} = I_f \cdot U_f \cdot \cos\varphi\ [W] \qquad (45)$$

a trzech faz:

$$P = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3}\ [W].$$

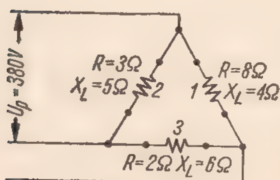
Moc czynna prądu trójfazowego przy równomiernym obciążeniu faz wynosi:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_p \cdot I_p \cos\varphi = 1{,}73 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \cos\varphi\ [W], \qquad (46)$$

a moc pozorna:

$$S = 1{,}73 \cdot U_p \cdot I_p\ [VA].$$

Przykład 15. Uzwojenie odbiornika prądu trójfazowego połączone w trójkąt przyłączono do napięcia międzyprzewodowego $U_p = 380$ V. Określić moc trzech faz dla wartości oporności czynnych i biernych, podanych na rysunku 15.



Rys. 15. Połączenie odbiorników w trójkąt

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{8^2 + 4^2} = 8{,}9\ \Omega,$$

$$I_{f1} = \frac{U_f}{Z_1} = \frac{380}{8{,}9} = 42{,}6\ A,$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{R}{Z} = \frac{8}{8{,}9} = 0{,}9,$$

$$P_1 = I_{f1} \cdot U_{f1} \cdot \cos\varphi_1 = 42{,}6 \cdot 380 \cdot 0{,}9 = 14569\ W,$$

$$Z_2 = \sqrt{3^2 + 5^2} = 5{,}8\ \Omega \qquad I_{f2} = \frac{380}{5{,}8} = 65{,}5\ A \qquad \cos\varphi_2 = \frac{3}{5{,}8} = 0{,}51,$$

$$P_2 = 65{,}5 \cdot 380 \cdot 0{,}51 = 12694\ W,$$

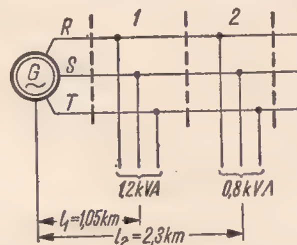
$$Z_3 = \sqrt{2^2 + 6^2} = 6{,}3\ \Omega \qquad I_{f3} = \frac{380}{6{,}3} = 60{,}3\ A \qquad \cos\varphi_3 = \frac{2}{6{,}3} = 0{,}32,$$

$$P_3 = 60{,}3 \cdot 380 \cdot 0{,}32 = 7332\ W.$$

Moc trzech faz:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 14569 + 12694 + 7332 \approx 34,6 \text{ kW}.$$

P r z y k ł a d 16. Obliczyć przekrój żył linii trójfazowej, trójprzewodowej kabla zasilającego 2 punkty urządzeń zrp; pierwszy położony w odległości $l_1 = 1050$ m, drugi — $l_2 = 2300$ m od nastawni, na której umieszczone są źródła prądu (rys. 16). Urządzenia punktu 1 pobierają moc pozorną $S_1 = 1,2$ kVA, a punktu 2 — $S_2 = 0,8$ kVA. Współczynnik mocy w obu punktach $\cos \varphi = 0,6$. Obciążenie faz równomierne. Napięcie sieci $U = 380$ V, dopuszczalny spadek napięcia 10%. $\Delta U = 380 \cdot 0,1 = 38 \approx 40$ V



Rys. 16. Trójfazowa, trójprzewodowa linia zasilająca

Przekrój żyły obliczamy ze wzoru:

$$s = \frac{\rho}{\Delta U \cdot U} \cdot \Sigma P \cdot l \quad [\text{mm}^2].$$

Wyrażenie $\Sigma P \cdot l$ mówi, że należy dodawać iloczyny $P \cdot l$ wszystkich punktów odbioru przyłączonych do danej linii. W naszym przypadku $l_1 = 1050$ m, $P_1 = S_1 \cdot \cos \varphi = 1200 \cdot 0,6 = 720$ W, $l_2 = 2300$ m, $P_2 = S_2 \cdot \cos \varphi = 800 \cdot 0,6 = 480$ W, czyli:

$$\Sigma P \cdot l = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 = 720 \cdot 1050 + 480 \cdot 2300 = 1\,861\,000,$$

$$s = \frac{0,018 \cdot 1\,861\,000}{40 \cdot 380} = 2,2 \text{ mm}^2.$$

Dobieramy najbliższy większy przekrój ustalony normą $s = 2,5$ mm².

3. OGÓLNE WYMAGANIA RUCHOWE, KTÓRYM POWINNY ODPOWIADAĆ SCHEMATY ZRP

Schematy elektryczne urządzeń zrp powinny odpowiadać ściśle określonym celom. Na przykład obwody przekaźników sygnałowych służą do sterowania światłami semaforów i tarcz, a obwody zwrotnicowe — do przestawiania zwrotnic. Ponadto urządzenia te powinny spełniać swe zadania zgodnie z zasadami i warunkami ruchowymi obowiązującymi na kolejach.

Główne wymagania, którym powinny odpowiadać różnego rodzaju urządzenia zrp, ujęte są w „Przepisach Eksploatacji Kolei (PET)" i „Przepisach projektowania urządzeń zrp" nr E10.

Na przykład paragraf 122 PET mówi, że elektryczne urządzenia ześrodkowane powinny:

1) uniemożliwiać przełożenie zwrotnic pod taborem;
2) zapewniać kontrolę rozprucia zwrotnicy z jednoczesnym na-

stawianiem sygnału „Stój” na semaforze odnoszącym się do przebiegu, w który wchodzi rozpruta zwrotnica;

3) uniemożliwiać nastawianie na semaforze sygnału zezwalającego na jazdę na tor zajęty;

4) zapewniać kontrolę zajęcia izolowanych torów i zwrotnic.

Co do innych rodzajów urządzeń PET podaje również ogólne wymagania.

Przepisy E10 w wielu swoich paragrafach ustalają warunki, które powinny spełniać obwody elektryczne urządzeń zrp. Na przykład paragraf 10 punkt 5 brzmi następująco:

„Pomiędzy sygnałem na semaforze i sygnałami na przynależnej tarczy ostrzegawczej powinna zachodzić następująca zależność: sygnał na tarczy wskazujący, że jest dany sygnał „Wolna droga” na semaforze, nie może się ukazać wcześniej niż sygnał „Wolna droga” na przynależnym semaforze, a sygnał na tarczy wskazujący, że na semaforze jest sygnał „Stój”, powinien ukazać się nie później, niż sygnał „Stój” na przynależnym semaforze”.

Spełnienie tych warunków w obwodach elektrycznych, których zadaniem jest sterowanie sygnałami lub uruchamianie napędów, możliwe jest dzięki zależnościom uzyskanym przez wprowadzanie do obwodów odpowiednich styków i elementów.

Weźmy dla przykładu zacytowane wymagania punktu 5 paragrafu 10. W obwodach semaforów świetlnych spełnienie tego warunku wymaga wprowadzenia przekaźnika kontrolnego do obwodu świateł semafora, który swymi stykami włączonymi w obwód świateł tarczy ostrzegawczej uzależnia ukazywanie się jej sygnałów od sygnałów na semaforze.

Przepisy podają tylko warunki ogólne, najbardziej zasadnicze. Prócz tego istnieją wymagania szczegółowe dla obwodów poszczególnych rodzajów urządzeń jak np.: dla obwodów zależnościowych urządzeń przekaźnikowych, obwodów zwrotnicowych i sygnałowych, obwodów blokady samoczynnej itp. Podanie tych wytycznych dla wszystkich interesujących nas obwodów wykroczyłoby poza ramy przewidziane niniejszą książką. Dlatego przykładowo podam główne wytyczne dla obwodów zależnościowych nastawnic przekaźnikowych:

a. Każdy proces połączeniowy powinien być wykonany za pomocą jednego lub dwóch przełączników, np. przycisków.

b. Sygnalizacja świetlna pulpitu nastawczego powinna wskazywać światłem migającym żądanie wykonania czynności związanej z obsługą urządzeń (np. żądanie dania zgody) lub powstanie usterki w urządzeniach (np. rozprucie zwrotnicy).

c. Nastawienie drogi przebiegu i nastawienie sygnału zezwalającego na jazdę może się odbywać po wykonaniu jednej czynności, np. po jednoczesnym naciśnięciu dwóch przycisków. Warunek ten spełnić mogą przekaźnikowe urządzenia przebiegowe.

d. Sygnał „Wolna droga" na semaforze może być podany po uprzednim przestawieniu zwrotnic i wykolejnic we właściwe położenie i utwierdzeniu ich, stwierdzeniu niezajęcia torów i zwrotnic wchodzących w drogę przebiegu wraz z drogą ochronną oraz wyłączenia przebiegów sprzecznych.

e. Otrzymanie nakazu, żądanie zgody, otrzymanie zgody jak również zamknięcie, utwierdzenie i zwolnienie drogi przebiegu oraz zajęcie i zwalnianie odcinków izolowanych przebiegu powinno być wskazane optycznie.

f. Danie zgody może być cofnięte przyciskiem nieplombowanym bez licznika po prawidłowym przebiegu pociągu lub niewykorzystaniu danej zgody.

g. Podanie sygnału „Wolna droga" dla jazd odbywających się przez parę okręgów nastawczych może nastąpić po utwierdzeniu drogi przebiegu w tych nastawniach i otrzymaniu zgody lub nakazu przez nastawnię sterującą sygnałami.

h. Sygnał „Wolna droga" musi natychmiast zmienić się samoczynnie na sygnał „Stój" po rozpruciu zwrotnicy, przerwaniu kontroli położenia zwrotnicy lub wykolejnicy, przestawieniu zwrotnicy lub wykolejnicy z położenia nastawionego dla przebiegu i po zajęciu odcinka izolowanego.

i. W każdej chwili musi istnieć możliwość cofnięcia sygnału zezwalającego na jazdę i nastawienia sygnału „Stój".

j. Do samoczynnego zwalniania przebiegów wjazdowych i wyjazdowych należy używać co najmniej dwóch odcinków izolowanych. Przy zaniku napięcia lub krótkotrwałym zwolnieniu przekaźnika torowego nie powinno nastąpić przed czasem zwolnienie drogi przebiegu.

k. Nakazy podawane do nastawni wykonawczej powinny wy-

raźnie i jednoznacznie określać, jaką drogę przebiegu należy nastawić.

l. Ze względu na usprawnienie i przyspieszenie prowadzenia ruchu można stosować częściowe zwalnianie dróg przebiegów.

ł. Należy przewidywać możliwość odwołania nie wykorzystanych nakazów nieplombowanym przyciskiem odwołania przed utwierdzeniem drogi przebiegu. Po utwierdzeniu drogi przebiegu lub nienastąpieniu samoczynnego zwrotu nakazu, odwołanie może nastąpić za pomocą plombowanego przycisku pomocniczego. Przycisk ten może być wykorzystany również przez dyżurnego ruchu jako przycisk doraźny do nastawiania sygnału „Stój" na semaforze.

m. Zwolnienie całego przebiegu lub jego sekcji następuje po zwolnieniu przez pojazd ostatniej zwrotnicy danego przebiegu lub sekcji.

Postanowienia głównych warunków są zasadniczo stałe, a wymagania szczegółowe mogą się zmieniać. Zmiany te wynikają albo ze zwiększających się możliwości dzięki postępowi technicznemu, który daje rozwiązania lepsze technicznie i usprawniające prowadzenie ruchu, albo ze zmienionych wymagań ruchowych.

Rozdział II

OZNACZENIA STOSOWANE W SCHEMATACH

1. ZASADY OGÓLNE

Przy rysowaniu obwodów elektrycznych w teletechnice, w energoelektryce i w zabezpieczeniu posługujemy się umownymi znakami graficznymi, zwanymi symbolami. Znajomość tych symboli oraz zasad ich powstawania jest potrzebna do czytania schematów i posługiwania się nimi.

Takie elementy, jak np.: bezpieczniki, oporniki, dławiki, transformatory, oznaczane są symbolami przyjętymi w elektrotechnice; przekaźniki telefoniczne i wybieraki — symbolami z teletechniki; lampy radiowe, tranzystory — symbolami z radiotechniki. Jednak dla elementów charakterystycznych, do których należą przede wszystkim przekaźniki używane w zrp i ich styki, schematy zabezpieczeniowe wykazują odrębność symboli i ich opisywania.

Symbole ustala się możliwie proste, łatwe do rysowania i zapamiętania oraz dostosowane do schematów, w których każdy przewód oznacza się osobną linią.

Symbole w teletechnice są znormalizowane, natomiast w urządzeniach zrp pod tym względem istnieje różnorodność. Inne oznaczenia stosowane są w urządzeniach mechanicznych i suwakowych, a inne w urządzeniach elektrycznych.

Ostatnio zostały rozpoczęte pierwsze kroki w kierunku unormowania symboli w tej dziedzinie dla państw — członków UIC (Międzynarodowego Związku Kolejowego).

W dalszych podrozdziałach będą omówione — w nawiązaniu do proponowanych ujednoliconych symboli — najczęściej używane na PKP symbole i oznaczenia. Z podania wszystkich symboli można zrezygnować ze względu na mającą się ukazać normę resortową w tym zakresie.

Gdy zachodzi potrzeba wprowadzenia innych symboli wówczas w miarę możliwości korzysta się z oznaczeń podanych w normach państwowych.

2. SYMBOLE

W tablicy 2 zestawiono symbole linii połączeniowych.

Na schematach nie rozróżnia się zasadniczo rodzajów i przeznaczenia przewodów, znacząc je zawsze cienką linią ciągłą (symbol 1). Grubą linią ciągłą oznacza się szyny (symbol 3) na tablicy

Tablica 2

Linie połączeniowe

Lp.	Nazwa	Symbol ujednolicony	Lp.	Nazwa	Symbol ujednolicony
1	Przewód istniejący	———	5	Połączenie przewodów	┼ ┬
2	Przewód przewidywany	– – –			
			6	Połączenie przewodu ze wskazaniem zacisku	a, b
3	Szyna	━━━			
4	Skrzyżowanie przewodów	┼	7	Linia podziałowa	-----
			8	Linia osiowa	– – –

rozdzielczej urządzeń zasilających i szyny kolejowe użyte w obwodzie torowym. Połączenia przewidywane do niekoniecznego wykonania i połączenia realizowane w dalszej fazie budowy oznacza się linią przerywaną (symbol 2). Innych oznaczeń przewodów, jak np. charakteryzujących różne rodzaje napięć lub prądów zasadniczo się nie stosuje.

Połączenia elektryczne dwóch przewodów na schematach ideowych oznacza się kropką (symbol 5), a na schematach techniczno-montażowych kropką ze wskazaniem miejsca dołączenia przewodów (symbol 6). Kropka może oznaczać zacisk śrubowy lub połączenie lutowane. Symbol 6a połączenia przewodów ze wskazaniem

miejsca dołączenia bywa stosowany w urządzeniach mechanicznych i suwakowych, a symbol 6b — przede wszystkim w urządzeniach przekaźnikowych.

Grubymi przerywanymi liniami (symbol 7) oznacza się na schematach techniczno-montażowych: granice okręgów nastawczych, rozdział i zarys urządzeń oraz ich elementów wewnątrz nastawni, jak np. bloków, pulpitu nastawczego, planu świetlnego, stojaków, a także rozdział urządzeń wewnętrznych od zewnętrznych (napędy, semafory itd.).

Linia osiowa (symbol 8) łączy styki umieszczone obok siebie, odnoszące się do tych samych przekaźników, elektromagnesów i przełączników. Przy stykach połączonych linią osiową opisuje się tylko jeden styk, zazwyczaj górny.

Symbole 7 i 8 nie są przewodami; mają one jedynie zadania porządkowe, ułatwiające zrozumienie schematu.

Zasadnicze symbole służące do oznaczania elementów zasilania zestawione zostały w tablicy 3. W tablicy tej podano w jednej rubryce oznaczenia ujednolicone, a w drugiej — dotychczas stosowane.

Symbol 5 stosowany jest w schematach ideowych. W schematach techniczno-montażowych obwód rozpoczyna się symbolem bezpiecznika. Natomiast symbol 6 stosowany jest w obu rodzajach schematów. Symbol 5 przy prądzie stałym oznaczał w schematach urządzeń mechanicznych i suwakowych tradycyjnie biegun dodatni, a w urządzeniach przekaźnikowych — biegun ujemny. Ta sprawa nie jest dotychczas ujednolicona. Obecnie i w urządzeniach mechanicznych, zwłaszcza w razie nieuziemiania baterii, bezpieczniki umieszcza się od strony bieguna ujemnego. W razie potrzeby podaje się obok symbolu wielkość napięcia i rodzaj prądu, jeżeli rodzaj ten nie wynika jednoznacznie z obwodu. Symbol 6 wskazuje, że przewód prowadzi do drugiego bieguna źródła zasilającego.

Oznaczenie uziemienia (symbol 7) występuje w schematach zasilania.

W sygnalizacji przejazdowej i w sygnalizacji kontrolnej urządzeń elektrycznych korzysta się ze świateł migających. Urządzeniem powodującym okresowe przerwy w obwodzie jest albo przekaźnik migowy (tablica 5, symbol 7), albo inne urządzenia migowe,

Elementy zasilania

Lp.	Nazwa	Symbole ujednolicone	Symbole dotychczasowe
1	Prąd stały	—	— =
2	Prąd zmienny	~	~
3	Prąd stały przerywany		
4	Prąd zmienny przerywany		
5	Zasilanie obwodu	12V	+
6	Doprowadzenie do drugiego bieguna		−
7	Uziemienie		
8	Akumulator	− +	− +
9	Induktor ręczny		
10	Prądnica	G G	G G
11	Silnik prądu stałego	M	=
12	Silnik prądu zmiennego jednofazowy	M	~
13	Przetwornica maszynowa jednotwornikowa		− ~

14	Przetwornica niemaszynowa		
15	Przetwornica maszynowa dwutwornikowa		
16	Urządzenie migowe		
17	Transformator		
18	Prostownik stykowy		
19	Zespół prostownikowy		
20	Bezpiecznik		
21	Odłącznik dwubiegunowy		
22	Wyłącznik pokrętny dwubiegunowy		
23	Wyłącznik drążkowy dwubiegunowy		
24	Przełącznik pokrętny dwubiegunowy		
25	Odgromnik		

jak np. urządzenie rtęciowo-wodorowe czy magnetyczne (symbol 16).

Podany symbol transformatora (symbol 17) jest symbolem ogólnym. Ilość przewodów dochodzących do uzwojeń określa, czy transformator jest jednofazowy czy trójfazowy.

Dla prostowników pojedynczych i układów (np. dla układu

Tablica 4

Odbiorniki

Lp.	Nazwa	Symbole ujednolicone	Lp.	Nazwa	Symbole ujednolicone
1	Żarówka		10	Zastawka na prąd ciągły	
2	Dzwonek		11	Zastawka dźwigni	
3	Dzwonek wolnobijący		12	Sprzęgło ramienia lub tarczy	
4	Brzęczyk		13	Elektromagnes wybieraka	
5	Syrena		14	Licznik typu teletechnicznego	
6	Powtarzacz blokowy: *a* — tarczka biała *b* — tarczka czerwona	*a* *b*	15	Silnik napędu zwrotnicowego prądu zmiennego jednofazowy	
7	Blok na prąd zmienny		16	Silnik napędu zwrotnicowego lub sygnałowego prądu stałego — urządzenia suwakowe	
8	Blok na prąd stały				
9	Zastawka zatrzaskowa				

Groetza, czyt. Greca) ustalono symbol 18. Natomiast zespół prostownikowy, obejmujący prócz układów prostownikowych transformatory, przełączniki, przyrządy pomiarowe zamknięte we wspólnej obudowie, oznacza się symbolem 19.

Symbole (21) odłącznika, wyłączników (22 i 23) i przełącznika (24) obrazują elementy powszechnie stosowane w elektrotechnice i ogólnie znane. Odłączniki, wyłączniki i przełączniki trójbiegunowe mają symbole podobne z tą różnicą, że dochodzi jeszcze jedno doprowadzenie przewodu.

W tablicy 4 zestawiono symbole odbiorników. Symbole te dotyczą wszystkich rodzajów urządzeń. Jeżeli więc w urządzeniach przekaźnikowych stosuje się zastawkę zatrzaskową, to wówczas oznacza się ją jak w urządzeniach mechanicznych symbolem 9; analogicznie przekaźniki urządzeń przekaźnikowych, np. przekaźniki torowe odcinków izolowanych, oznacza się w urządzeniach mechanicznych i suwakowych symbolem i opisem przewidzianym dla urządzeń przekaźnikowych.

Syreny (symbol 5) używa się rzadko w urządzeniach zrp i to zwykle na górkach rozrządowych. Symbol powtarzacza (symbol 6) rysowany jest zależnie od stanu okienka blokowego. Powtarzacz z tarczką białą, odpowiadający okienku blokowemu białemu, oznacza się symbolem 6a, a powtarzacz z tarczką czerwoną, odpowiadający okienku czerwonemu, symbolem 6b. Symbole elektromagnesów blokowych (symbole 7 i 8) wskazują kolor okienka blokowego i stan bloku — odblokowany czy zablokowany. Oznaczenie zastawki dźwigni (symbol 11) jest takie samo dla zastawki dźwigni sygnałowej i zwrotnicowej. Licznik (symbol 14) rejestruje czynności dokonywane przez obsługę ruchową według ściśle ustalonego postępowania, np. włączanie przyciskiem sygnału zastępczego. Stosowane w urządzeniach przekaźnikowych silniki jednofazowe napędów zwrotnicowych (wykolejnicowych) są oznaczane symbolem 15, a do silników prądu stałego napędów zwrotnicowych i sygnałowych w urządzeniach suwakowych używa się dotychczasowych oznaczeń (symbol 16).

W tablicy 5 przedstawiono zasadnicze symbole ogólne przekaźników typu zrp i typu teletechnicznego, stosowane w urządzeniach elektrycznych. Symbole nie wyrażają funkcji przekaźnika, jak w urządzeniach suwakowych i mechanicznych, w których prze-

Tablica 5

Przekaźniki. Symbole ogólne

Lp.	Nazwa	Symbole przekaźników — zrp	Symbole przekaźników — teletechnicznych
1	Przekaźnik		
2	Przekaźnik dwuuzwojeniowy		
3	Przekaźnik z opóźnionym przyciąganiem		
4	Przekaźnik z opóźnionym zwalnianiem		
5	Przekaźnik na prąd zmienny		
6	Przekaźnik z prostownikiem		—
7	Przekaźnik migowy		—
8	Przekaźnik trzypołożeniowy na prąd stały		—
9	Przekaźnik indukcyjny: *a* — dwupołożeniowy *b* — trójpołożeniowy	*a* *b*	— —
10	Zasadniczy stan przekaźnika: *a* — bierny *b* — czynny	*a* *b*	—
11	Zasadniczy stan przekaźnika z podparciem mechanicznym kotwic: *a* — czynny (kotwiea przytrzymana) *b* — bierny (kotwica zwolniona)	*a* *b* *lub*	—

kaźniki i elektromagnesy mają symbole w zależności od ich przeznaczenia.

Dla przekaźników neutralnych dwupołożeniowych ustalono symbol łatwy do rysowania — kółko (symbol 1). Obok symbolu przekaźnika o opóźnionym przyciąganiu (symbol 3) lub zwalnianiu (symbol 4) w miarę potrzeby podaje się czas opóźnienia w sekundach, co ułatwia analizowanie obwodów z zależnościami czasowymi. W obwodach prądu zmiennego mogą być stosowane przekaźniki na prąd stały z układem prostowników (symbol 6).

Schematy zabezpieczeniowe rysuje się dla stanu zasadniczego, w którym przekaźnik normalnie pracuje. Może to być stan przyciągniętej lub zwolnionej kotwicy przekaźnika. Aby ułatwić korzystanie ze schematu, wprowadza się w razie potrzeby symbol w postaci strzałki wskazującej normalne położenie kotwicy przekaźnika (symbol 10).

Strzałka z grotem w dół (10a) oznacza zasadniczy stan przekaźnika z kotwicą zwolnioną, a z grotem skierowanym w górę (10b) — zasadniczy stan z kotwicą przyciągniętą.

W obecnie przyjętym sposobie poziomego rysowania schematów przekaźniki urządzeń przekaźnikowych nie mają strzałek. Podobnie rysowane pionowo schematy urządzeń suwakowych i mechanicznych zasadniczo strzałek nie mają. Przyjmuje się bowiem, że stosowane schematy są ogólnie znane i dosyć proste, nie ma więc potrzeby dodatkowego określania zasadniczego stanu przekaźników.

Inne nieco znaczenie ma strzałka rysowana przy symbolu bloku: Grot jej zawsze jest skierowany na dół. Umieszczona z lewej strony w górnej części symbolu wskazuje, że blok w zasadniczym stanie jest odblokowany, natomiast grot umieszczony w dolnej części symbolu stwierdza, że blok jest zablokowany w zasadniczym stanie.

Przy przekaźnikach z podtrzymaniem mechanicznym kotwic i przy ich stykach rysuje się strzałki położenia kotwic, przy czym dla odróżnienia tego typu przekaźników od innych typów strzałki rysowane są linią przerywaną lub linią ciągłą z dodatkową kreską poziomą (symbol 11). Strzałka z grotem skierowanym do góry (11a) oznacza kotwicę przytrzymaną mechanicznie, a z grotem w dół (11b) — kotwicę zwolnioną.

Innym symbolem, prócz przekaźników, występującym w schematach w dużych ilościach, jest symbol styków. Istniejąca u nas pewna różnorodność w oznaczaniu symbolów styków jest uzasadniona historycznym rozwojem urządzeń.

W urządzeniach mechanicznych i elektrycznych suwakowych styki oznaczane są łukami. To oznaczenie jest korzystne przy pionowym rysowaniu schematów i do takiego sposobu rysowania było dostosowane.

Wraz z urządzeniami przekaźnikowymi wprowadzono u nas inne oznaczenia styku, zbliżone do stosowanych w teletechnice. Bardzo podobne oznaczenia stosowane są w ZSRR, Stanach Zjednoczonych, Anglii i Francji. Symbol ten nadaje się szczególnie do poziomego rysowania schematów. Styki „poziome" w odróżnieniu od łukowych wskazują wyraźnie przerwy i połączenia obwodu. Położenie styku daje się łatwo nawiązać do stanu przyciągniętej lub

Tablica 6

Styki. Symbole zasadnicze

Lp.	Nazwa	Symbole ujednolicone (przekaźnikowe)	Symbole urządzeń suwakowych	Symbole urządzeń mechanicznych
1	Styki czynne: a — stan bierny przekaźnika b — stan czynny przekaźnika	a b		
2	Styki bierne: a — stan bierny przekaźnika b — stan czynny przekaźnika	a b		
3	Styki przełączające	a b	a b	a b
4	Styki przełączające pod prądem		—	bp
5	Styki przekaźnika trzypołożeniowego: a — na prąd stały b — indukcyjnego	a b	—	—

6	Styki urządzenia migowego			
7	Styki przycisku			
8	Styki napędu elektrycznego, np. zwrotnicowego	M		—
9	Styki elektromagnesów (urządzenia mechaniczne)			
10	Styki dźwigni zwrotnicowej: *a* — osiowe, *b* — przełącznika bateryjnego	—	a b	—
11	Styki: *a* — dźwigni sygnałowej sygnału *D*, *b* — drążka przebiegowego przebiegu *D*	a b D d	—	a b D d
12	Styki oszczędnościowe	os	os	os
13	Styki bloku na prąd zmienny: *a* — przyciskowe, *b* — ryglowe	a b	a b	a b
14	Styki: *a* — ramienia semafora, *b* — tarczy ostrzegawczej	a b	a b	a b
15	Styki przycisku szynowego			
16	Styki osiowe i przebiegowe działające przy obrocie dźwigni: *a* — do 45°, *b* — ponad 45°, *c* — ponad 45°— przejściowo	—	a t c	—

zwolnionej kotwicy przekaźnika. Pożądane jest, aby rysowanie symbolu styku było jak najprostsze. Nie można tego całkowicie powiedzieć o symbolu poziomym styku. Ta pewna wada w szybkości rysowania jest z naddatkiem równoważona korzyściami przez uzyskanie lepszej czytelności schematów.

W tablicy 6 zestawiono zasadnicze rodzaje symboli styków stosowanych w urządzeniach zrp.

Przyjętym u nas systemem rysowania schematów urządzeń elektrycznych jest układ poziomy. W urządzeniach suwakowych stostuje się układ pionowy, a w urządzeniach mechanicznych układ pionowy i układ poziomy. Ten ostatni stosuje się zwłaszcza w urządzeniach mechanicznych z sygnalizacją świetlną. Dla przejrzystości rysunkowej schematu fragmenty obwodów w urządzeniach mechanicznych i suwakowych rysuje się też w układzie poziomym. Gdyby zachodziła potrzeba narysowania schematu urządzeń mechanicznych lub przekaźnikowych w układzie pionowym, bo takiej ewentualności nie wyłącza się chociażby ze względu na uzyskanie mniejszej liczby i bardziej prostych połączeń, wówczas również używa się symboli z tablicy 6 rysowanych pionowo.

Styki czynne (symbol 1) w stanie czynnym elementu łączą obwód elektryczny, a styki bierne (symbol 2) w stanie czynnym elementu przerywają obwód elektryczny. Elementami tymi są przekaźniki, elektromagnesy, dźwigienki, przyciski, dźwignie, drążki, przyciski szynowe itd. W schematach urządzeń elektrycznych stosuje się zasadę nawiązywania położenia styków do stanu przyciągniętej lub zwolnionej kotwicy przekaźnika i elektromagnesu, zgodnie z symbolami 1 i 2 tablicy 6, albo do sposobu obsługi elementu, np. przyciskania lub wyciągania przycisku. Styki elementów mechanicznych, które trudno jest przedstawić rysunkowo w nawiązaniu do rodzaju obsługi urządzenia, np. styki drążków i dźwigni, podaje się w sposób dogodniejszy dla jasności i czytelności schematu. Podobnie postępuje się i w przypadkach, gdy rysowanie styku odpowiednio do sposobu obsługi mogłoby skomplikować schemat, np. przy połączeniach blokowych.

Styki czynne nazywane są również stykami łączącymi, aktywnymi, roboczymi i zestykami zwiernymi (teletechnika), a styki

bierne stykami przerywającymi, spoczynkowymi, pasywnymi i zestykami rozwiernymi.

W tablicy 6 przedstawiono dwa różne symbole styków przełączających (symbol 3). Symbol 3a charakteryzuje jeden układ sprężyn stykowych, tworzących przełącznik, a symbol 3b określa przypadek, w którym przełącznik utworzony został z dwóch układów sprężyn stykowych — jednego czynnego i drugiego biernego.

Symbol 4 dla styków przełączających pod prądem wskazuje, że przed przerwaniem jednego obwodu włączany jest obwód drugi, przez który dotychczas prąd nie płynął. W krótkim okresie czasu prąd będzie płynął przez jeden układ sprężyn stykowych do dwóch obwodów. Styki te w obwodach zrp używane są rzadko.

Symbol 5 występuje tylko w urządzeniach przekaźnikowych. Wprowadzono go ze względu na posiadanie przez przekaźniki trzypołożeniowe styków działających w każdym z trzech położeń przekaźnika oraz ze względu na odrębność konstrukcyjną tych przekaźników. Symbole 5a i 5b podane przykładowo stanowią jeden z trzech możliwych przypadków położenia styków. Mianowicie oznaczają styki łączące w stanie zasadniczym przekaźników. Stanem zasadniczym przekaźnika trzypołożeniowego na prąd stały jest stan bierny, natomiast przekaźnika trzypołożeniowego indukcyjnego stan czynny.

Styki przycisków oznaczane są dodatkowym symbolem przycisku (symbol 7). Podobnie oznacza się styki przełączników i dźwigienek z użyciem dodatkowych symboli, podanych w tablicy 7. Dla przycisków plombowanych zaczernia się półkolistą część symbolu.

Styki dźwigni sygnałowej i drążka przebiegowego urządzeń mechanicznych mają ten sam symbol. Styki dźwigni sygnałowej oznacza się dużą literą sygnału (symbol 11a), a drążka przebiegowego małą literą przebiegu (symbol 11b). Kierunku obrotu drążka przebiegowego symbol nie uwzględnia. Rysowany on jest w położeniu korzystniejszym dla przejrzystości schematu. W urządzeniach mechanicznych rozróżnia się również kolejność działania styków. Poprzednio kolejność tę rozróżniano stosując różne symbole styków, obecnie określa się ją oznaczeniami literowymi: *wł* — styki wcześnie łączące, *wp* — styki wcześnie przerywające, *pł* — styki późno łączące, *pp* — styki późno przerywające. Styki uru-

Symbole przełączników, przycisków i dźwigienek

Lp.	Nazwa	Symbol	Lp.	Nazwa	Symbol
1	Przycisk zwrotny (niestabilny)		7	Przełącznik kluczowy stabilny	
2	Przycisk zwrotny plombowany		8	Włącznik zastawki elektrycznej	
3	Przycisk stabilny		9	Przełącznik przechylny (dźwigienka) trzypołożeniowy, zwrotny	
4	Przycisk zwrotny wyciągany		10	Przełącznik przechylny (dźwigienka) dwupołożeniowy, zwrotny	
5	Przycisk stabilny wyciągany		11	Wyłącznik pokrętny	
6	Przełącznik kluczowy zwrotny				

chamiane uchwytem dźwigni charakteryzuje litera *u*, a oszczędnościowe — *os* (symbol 12). Styki innych elementów i urządzeń, jak przełączników kluczowych, ramienia semafora i tarczy ostrzegawczej, przycisku szynowego itd., oznacza się ogólnym symbolem styku z dodaniem symbolu urządzenia (np. symbole 13, 14 i 15).

Zasadniczym symbolem w urządzeniach suwakowych jest symbol łukowy z ramieniem rysowanym pod kątem ostrym, zwykle 45° (np. symbol 1 i 2). Symbolem tym oznacza się styki dźwigni przebiegowych i przebiegowo-sygnałowych, działających do 45° obrotu dźwigni (symbol 16a), oraz styki elektromagnesów, przekaźników, przycisków i pozostałych elementów. Symbolem łukowym z ramieniem rysowanym pod kątem prostym oznacza się styki dźwigni działających przy obrocie od 45° do 90° (symbol 16b). Wszystkie styki rysowane są przeważnie z lewej strony linii po-

Tablica 8

Elementy pomocnicze

Lp.	Nazwa	Symbole ujednolicone	Symbole dotychczasowe
1	Zacisk	● lub ○	■ ● ○
2	Opornik. Symbol ogólny		
3	Opornik o oporności czynnej niezmienianej		
4	Opornik o oporności czynnej; nastawiany		
5	Dławik. Symbol ogólny		
6	Dławik		D
7	Kondensator		
8	Zacisk kontrolny		

łączeniowej, prócz styków dźwigni przebiegowo-sygnałowych, które umieszcza się zależnie od obrotu dźwigni. Styki przełączane podczas obrotu tej dźwigni w lewo rysuje się z lewej strony linii, a podczas obrotu w prawo — z prawej strony linii. W urządzeniach mechanicznych styki łukowe rysuje się przeważnie z prawej strony linii z ramieniem pod kątem ostrym lub prostym. Styki przejściowe (symbol 16c) na początku działania zamykają obwód, a w następującej fazie przerywają go, tak że prąd płynie tylko w pewnym okresie przekładania dźwigni.

Symbole najważniejszych elementów pomocniczych, jak np. opornik, kondensator itd., występujące w schematach zrp, zostały zestawione w tablicy 8. Przyjęte symbole oparte są zasadniczo na zalecanych normach państwowych. Wprowadzone zmiany mają

na celu ich uproszczenie. Symbol zacisku (symbol 1) oznacza zasadniczo przyłączenie do zacisku z nakrętką, z którym spotykamy się obecnie najczęściej. Symbol ten stosuje się również do oznaczeń punktów lutowania, np. na sprężynach stykowych przekaźników telefonicznych. Nie jest jeszcze ustalony rozdział symboli dla połączeń zaciskowych, punktów lutowania i wtyczek.

W obwodach stosujemy oporniki o oporności rzeczywistej niezmienianej (symbol 3), oporniki nastawiane (symbol 4) i rzadko oporniki regulowane. Wartości opornika regulowanego można zmieniać przez przesunięcie np. uchwytu, natomiast wartość opornika nastawianego zmienia się przesuwając opaskę, która jest chroniona umocowaniem śrubowym przed przypadkowym przesunięciem. Dla dławika przewiduje się dwa symbole (symbole 5 i 6). Symbolu 5 używa się w schematach ideowych, natomiast symbolu 6 — w techniczno-montażowych. Symbol 6 używany jest tylko w urządzeniach zrp ze względu na prostotę rysowania. Zaciski kontrolne (symbol 8) rysuje się w obwodach, w których istnieje potrzeba okresowego dokonywania pomiarów elektrycznych, np. w obwodach torowych, w których przeprowadza się systematycznie pomiary kontrolne i regulacje.

3. OPISYWANIE

Prawie już od 50 lat stosowano zasadę oznaczania w urządzeniach mechanicznych i suwakowych elektromagnesów i przekaźników różnymi symbolami w zależności od funkcji spełnianej w obwodzie. Przy kreśleniu prostych schematów oraz wobec małej ilości elektromagnesów i przekaźników taki sposób oznaczania był korzystny. Pozwalał on na łatwiejsze zapamiętanie symbolu i obwodu, w którym występował. Umożliwiał szybsze i sprawniejsze korzystanie ze schematu w eksploatacji.

Z rozwojem urządzeń elektrycznych dotychczasowy sposób oznaczeń symbolami okazał się niekorzystny. Występowanie dużych ilości przekaźników o różnorodnych zadaniach i wypełnianych funkcjach zmusza do ustalenia nowych, nieraz skomplikowanych symboli. Nie byłyby one łatwe ani do zapamiętania, ani do rysowania. W takiej sytuacji trzeba było przejść na oznaczenia prostsze i dające większe możliwości, którymi są oznaczenia literowe przekaźników i ich styków.

Najprostszy i najkorzystniejszy do stosowania jest skrót nazwy przekaźnika, określający jego funkcję. Zgodnie z tą zasadą obok symboli ogólnych, które zestawione zostały w tablicy 5, podaje się oznaczenia literowe, stanowiące zwykle pierwszą literę nazwy przekaźnika, np. przekaźnik sygnałowy *S*, utwierdzenia *U*, kontrolny *K*. Dla nazw o większej liczbie wyrazów niż jeden lub zaczynających się na tę samą literę używa się skrótów o dwóch lub większej liczbie liter, np. przekaźnik izolowanego odcinka torowego *IT*, przekaźnik pomocniczy *Pm*, przeciwwtórny *Pw* (przekaźnik powtarzający stan innego przekaźnika oznacza się jedną literą *P*). W skład oznaczenia mogą wchodzić również liczby, jak np. do określania przekaźników obwodów zwrotnicowych, do podawania kolejnego numeru powtarzacza danego przekaźnika, jeżeli powtarzaczy jest więcej niż jeden, do oznaczania przekaźników poszczególnych sekcji danego przebiegu. Na przykład przekaźnik kontrolny rozjazdu podwójnego *48cd* oznacza się *Kn48cd*, drugi powtarzacz przekaźnika utwierdzenia — *2PU*, przekaźnik zwalniający trzeciej sekcji przebiegu — *ZwIII*. Liczbę rzymską użyto dla odróżnienia numeru sekcji od kolejnego powtarzacza.

W tablicy 9 przedstawiono z rozbiciem na cztery grupy obwodów najważniejsze obecnie stosowane oznaczenia literowe przekaźników dla urządzeń przekaźnikowych i symbole szczegółowe dla urządzeń suwakowych.

Skróty literowe przekaźników blokady stacyjnej (symbole B14 i B16) są takie same jak skróty odpowiednich bloków w urządzeniach mechanicznych. W urządzeniach suwakowych przekaźniki oraz elektromagnesy zgody i nakazów mają jednakowe symbole. Przekaźnik zgody oznacza się małą literą tego przebiegu, w którego obwodzie znajduje się ten przekaźnik, a przekaźnik nakazu — dużą.

Oznaczenia literowe używane są również w urządzeniach mechanicznych i suwakowych, na przykład dla przekaźników sygnałowych i przeciwwtórnych w urządzeniach mechanicznych z sygnalizacją świetlną. Natomiast w urządzeniach przekaźnikowych występujące elementy urządzeń mechanicznych, jak np. bloki i przyciski szynowe, oznacza się symbolami szczegółowymi, jak w urządzeniach mechanicznych. Wskutek tego w niektórych obwodach stosowane są dwa sposoby oznaczeń: literowe i symbola-

Tablica 9

Przekaźniki i elektromagnesy. Oznaczenia szczegółowe

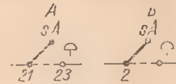
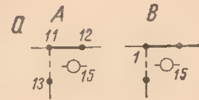
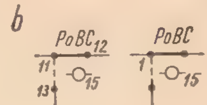
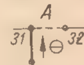
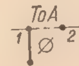
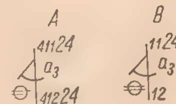
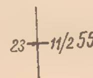
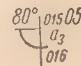
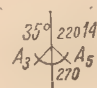
Lp.	Nazwa	Urządzenia	
		Przekaźnikowe	Suwakowe
	A. Przekaźniki i elektromagnesy zwrotnicowe		
1	Przekaźnik pomocniczy	*Pm*	⊖
2	Przekaźnik ochronny	*Or*	—
3	Przekaźnik nastawczy	*N*	—
4	Przekaźnik (elektromagnes) kontrolny	*Kn*	⦸
5	Przekaźnik nastawiania miejscowego	*Mn*	—
6	Przekaźnik kontrolny rozprucia zwrotnicy	*Kr*	—
7	Elektromagnes zwalniający	—	◎
8	Elektromagnes zastawczy dźwigni zwrotnicowej	—	⦸
	B. Przekaźniki i elektromagnesy przebiegowe		
9	Przekaźnik utwierdzenia (elektromagnes przebiegowy utwierdzający)	*U*	○
10	Przekaźnik zwalniający	*Zw*	○
11	Przekaźnik włączający	W	○
12	Przekaźnik pomocniczy zwolnienia przebiegu	—	◉
13	Przekaźnik żądania: zgody, pozwolenia	*Żz, Żp*	⊘
14	Przekaźnik dania: zgody, nakazu, pozwolenia	*Dz, Dn, Dp*	—
15	Przekaźnik utwierdzenia: zgody, nakazu, pozwolenia	*Uz, Un, Up*	—

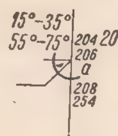
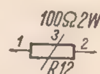
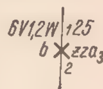
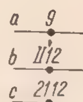
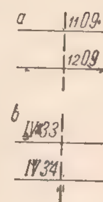
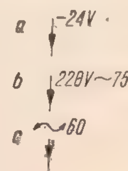
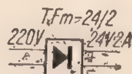
Uwaga: W nawiasach podano nazwy dla urządzeń suwakowych

16	Przekaźnik otrzymania: zgody, nakazu, pozwolenia	*Oz, On, Op*	⊖
17	Przekaźnik zwolnienia: zgody, nakazu, pozwolenia	*Zz, Zn, Zp*	—
18	Przekaźnik dania zlecenia, otrzymania zlecenia	*Dzl, Ozl*	—
19	Przekaźnik przeciwwtórny, stacyjny	*Pw*	↓∅ ↑∅
	C. Obwody sygnałowe		
20	Przekaźnik sygnałowy	*S*	∅
21	Elektromagnes zastawczy dźwigni sygnałowej	—	∅
22	Przekaźnik kontrolny sygnałów np. światła czerwonego, zielonego (semafor ramienny)	*Kc, Kz*	⊖ ⦶
23	Przekaźnik przeciwwtórny liniowy	*Pwl*	↓∅/↑∅
24	Przekaźnik odcinka izolowanego: torowego, zwrotnicowego, skrzyżowania	*IT, IZ, IK*	—
	D. Obwody ogólne i pomocnicze		
25	Przekaźnik dzwonka	*Dz*	⦿
26	Przekaźnik pomocniczy (do różnych celów)	*Pm*	⊖
27	Przekaźnik kontrolny napięcia	*KN*	⊖
28	Przekaźnik powtarzacz stanu innego przekaźnika	*P*	—
29	Przekaźnik włączający induktor maszynowy	*Wi*	—
30	Przekaźnik czasowy	*Cz*	—
31	Przekaźnik lampki sygnalizacyjnej	*L*	—
32	Przekaźnik awaryjny	*A*	—

Przykłady opisów elementów i urządzeń

Lp.	Nazwa	Opis
1	Przekaźnik kontrolny światła pomarańczowego i zielonego semafora $A^{1}/_{2}$, umieszczony w 5 rzędzie na 4 stojaku; *0, 1, 2* — zaciski przekaźnika	504 KpzA 0 1 2
2	Blok końcowy semafora $A^{1}/_{2}$ znajdujący się na 6 miejscu aparatu blokowego	6 KoA
3	Powtarzacz sygnału „Wolna droga” semafora wjazdowego $A^{1}/_{2}$ dla przebiegu A^{1} i semafora wyjazdowego *M; 1, 2* zaciski elektromagnesu	A¹/M 1 2
4	Przekaźniki z mechanicznym podparciem kotwic jako przekaźniki przeciwwtórne liniowe dla przebiegów C^{2}, *D; 151, 152, 153, 154* zaciski cewek przekaźników (opisy skrócone zacisków 1,2 i 3,4)	151 C²D l 153 152 154
5	Przekaźnik powtarzacz stanu przekaźnika utwierdzenia przebiegu G^{9}_{5}; powtarzacz umieszczony jako pierwszy w drugim rzędzie piątego stojaka; typ przekaźnika JRB 11429, oporność cewek 4000 Ω; —, + zaciski przekaźnika	V21 PU95 − 4000 + JRB 11429
6	Styki drugiego powtarzacza przekaźnika utwierdzenia przebiegów A^{1}, A^{2}_{3} i A^{2}_{5}; *10,12* zaciski styków; *A* — pełny opis zacisków, *B* — skrócony opis zacisków	A 504 2PUa F10 A10 A12 B12; B 504 2PUa 10 12
7	Styki przekaźnika nastawczego zwrotnicy 8 z zaznaczoną linią osiową i opisanymi zaciskami styków; zaciski *N7* i *R11* oraz *R12* i *R17* są połączone	N8 R17 N7 R12 R11 N2 R18 N1 N8
8	Styki przekaźnika przeciwwtórnego liniowego dla przebiegów B^{2}, *C; 431,432* zaciski styków, *4* — cyfra kierunkowa; *A* — pełny opis zacisków, *B* — skrócony opis zacisków	A PwlBC 431 432; B PwlBC 3

9	Styki przycisku sygnałowego semafora $A^{1}/_{2}$; *2* — skrót oznaczeń zacisków *21* i *23; A* — pełny opis zacisków, *B* — skrócony opis zacisków	
10	Styki przyciskowe bloku początkowego dla przebiegów B^2, *C:* blok znajduje się na 15 miejscu aparatu blokowego; *1* — skrót oznaczeń zacisków *11,12,13* podaje się przy zacisku *11; A* — pełny opis zacisków, *B* — skrócony opis zacisków	 
11	Styki ryglowe bloku początkowego dla przebiegów B^2, *C; 61,62,63* — zaciski styków	
12	Styki powtarzacza semafora ramiennego $A^{1}/_{2}$ sygnału „Stój"; *31,32* — zaciski styków	
13	Styki elektrycznej zastawki dźwigni sygnałowej tarczy ostrzegawczej semafora $A^{1}/_{2}$; *1,2* — zaciski styków	
14	Styki przekaźnika otrzymania zgody na przebieg A^2_3, umieszczonego w 24 polu nastawnicy; *A* — pełny opis zacisków, *B* — skrócony opis zacisków	
15	Styki kontrolnego przekaźnika zwrotnicowego zwrotnicy *23; 11/2* — zaciski styków przekaźnika znajdującego się w 55 polu nastawnicy	
16	Styki osiowe dźwigni przebiegowo sygnałowej dla przebiegu A^2_3, łączące przy obrocie dźwigni w lewo ponad 80°; *015,016* — zaciski styków dźwigni znajdującej się w 5 polu nastawnicy	
17	Styki przebiegowe dźwigni dania nakazu dla przebiegów A^2_3 A^2_5, nastawianych tą samą dźwignią; styki przerywają obwód przy obrocie dźwigni ponad 35° w każdą stronę; *220,270* — zaciski styków dźwigni znajdującej się w 14 polu nastawnicy	

18	Styki przebiegowe dźwigni przebiegowo-sygnałowej dla przebiegu A^1 łączące od 15° do 35° i od 55° do 75° przy obrocie dźwigni w lewo; *204,206,208,254* — zaciski styków dźwigni znajdujących się w 20 polu nastawnicy	
19	Opornik 100 Ω o mocy znamionowej 2W; *1,2,3* — zaciski opornika; *12* — kolejny numer porządkowy	
20	Żarówka światła ciągłego na 6 V, 1,2 W; światło białe sygnalizuje żądanie zgody dla przebiegu A^2; *1,2* — zaciski żarówki umieszczonej w 25 polu nastawnicy	
21	Zaciski: *a* — *9* zacisk, *b* — *12* zacisk drugiej płytki zaciskowej, *c* — *21* zacisk płytki zaciskowej znajdującej się w 12 polu aparatu blokowego	
22	Linia podziałowa odwodów elektrycznych: *a* — wychodzących na zewnątrz budynku nastawni, np. z jednej nastawni do drugiej, z nastawni do garnków kablowych, szaf itd., *11,12* — kolejne numery żył kablowych w kablu *9*; *b* — przechodzących wewnątrz budynku nastawni z jednego urządzenia do drugiego, np. z pulpitu nastawczego do przekaźnikowni; *33,34* — kolejne numery zacisków na czwartej (IV) płytce zaciskowej	
23	Zasilanie: *a* — z bieguna ujemnego napięciem 24 V, *b* — prądem zmiennym 220 V, o częstotliwości 75 Hz, *c* — prądem okresowo przerywanym o 60 przerwach na minutę	
24	Zespół prostownikowy typu TFm — 24/2; zasilanie 220 V; odbiór — prąd stały o napięciu 24 V i 2 A	
25	Bezpiecznik 2 A; zasilanie 12 V prądem stałym; *6* — kolejny numer bezpiecznika	

mi. Takie rozróżnianie ułatwia analizowanie schematu, gdyż wskazuje, czy mamy do czynienia z elementami urządzeń przekaźnikowych czy też z elementami urządzeń mechanicznych.

Wymienione w tablicy 9 oznaczenia stanowią ogólną część opisu. Do tego opisu dochodzi opis szczegółowy, określający, do jakiego semafora, zwrotnicy lub przebiegu należy przekaźnik lub elektromagnes.

Przekaźniki obwodów zwrotniczych otrzymują numer zwrotnicy. Jeżeli określają one położenie plusowe, mają jeszcze dodatkowo znak +, a jeżeli wskazują położenie minusowe, znak —; na przykład przekaźnik pomocniczy przestawiania zwrotnicy nr 25 w położenie + opisuje się: *Pm 25+*.

Przekaźniki i elektromagnesy obwodów przebiegowych i sygnałowych oznaczane są dużymi lub małymi literami przebiegów albo sygnałów, zależnie od funkcji spełnianej w obwodzie.

Oprócz podanych opisów symboli przekaźników i elektromagnesów podaje się dalsze opisy, konieczne do wykonania montażu i obsługi. Do nich należy numeracja zacisków cewek, miejsce umieszczenia i typ przekaźnika. Oznaczenia zacisków zgodne są z oznaczeniami podanymi na konstrukcji. Jeżeli natomiast cewki przekaźnika nie mają na konstrukcji zaznaczonych numerów zacisków, to wówczas opisuje się je zwykle kolejnymi cyframi, np. *1* i *2*. W razie stosowania rozwiązań schematowych typowych, powtarzalnych lub ogólnie znanych nie podaje się typu przekaźnika zakładając, że jest on znany.

Przy opisach symboli bloków lub zastawek uwzględnia się prócz oznaczenia literowego również numer pola aparatu blokowego, w którym znajduje się dany blok.

Jeżeli w schematach występuje kilka przekaźników spełniających tę samą funkcję, rozróżnia się je dodatkowo liczbą lub literą. Do tych oznaczeń może być dodana jeszcze strzałka zasadniczego stanu pracy przekaźnika. Pełne oznaczenie przekaźnika jest obszerne i wymagane w schematach techniczno-montażowych.

W pozycjach od 1 do 5 tablicy 10 podano przykładowo pełne, stosowane w schematach opisy przekaźników i elektromagnesów.

Ogólne oznaczenia przy stykach zgodne są z oznaczeniami przekaźników, elektromagnesów lub innych urządzeń. Styki przekaź-

ników i elektromagnesów z symbolami szczegółowymi (np. urządzenia suwakowe, elektromagnesy bloków itp.) mają również te symbole rysowane w zmniejszonej skali, natomiast styki przekaźników oznaczonych symbolami ogólnymi (urządzenia elektryczne) oznaczane są tylko opisami literowymi lub liczbowymi tych przekaźników (bez podawania symbolu przekaźnika).

Styki opisuje się zasadniczo pełnym opisem przekaźnika, do którego się odnoszą, z podaniem w razie potrzeby miejsca umieszczenia przekaźnika na stojaku lub w szafie oraz strzałki zasadniczego stanu przekaźnika. Prócz tego podaje się przy styku numerację jego zacisków zgodną z oznaczeniem na konstrukcji przekaźnika lub elektromagnesu. Jeżeli na konstrukcji nie podano numeracji, to wówczas wykonuje się opis według ustalonych zasad. Zaciski styków przekaźników i elektromagnesów urządzeń suwakowych oznacza się liczbami dwucyfrowymi, z których pierwsza podaje numer kolejny układu sprężyn stykowych, a druga — kolejny styk w tym układzie. Kolejność numeracji zespołów sprężyn stykowych przyjmuje się licząc od dołu. Jeżeli przekaźnik uruchamia dwie grupy sprężyn stykowych, np. przekaźnik podwójny lub przekaźniki z sobą współpracujące (przekaźniki z mechanicznym podparciem kotwic), to wówczas styki lewej grupy (patrząc od strony styków) oznacza się drugimi cyframi *1* i *2*, a styki prawej grupy — cyframi *3* i *4*. Dla przykładu można podać, że w opisach zacisków styków *31* i *32* cyfra *3* wskazuje kolejny numer układu sprężyn stykowych, a cyfry *1* i *2* — numerację sprężyn w układzie. Podobnie w oznaczeniu *23*—*24* zacisków styków przekaźnika podwójnego cyfra *2* wskazuje kolejny numer układu, a cyfry *3* i *4* — numerację w tym układzie dla prawej grupy sprężyn stykowych.

Stosuje się również 3-cyfrowe oznaczenia zacisków styków, np. z pierwszą cyfrą *4*. Cyfra ta ma znaczenie cyfry kierunkowej, wskazującej na rodzaj urządzenia, do którego należy dany styk, i na miejsce umieszczenia elementu, np. oznaczenie zacisków styków *431*—*432*. Rozróżnienie zacisków styków cyfrą kierunkową może być korzystne w schematach, w których występują przekaźniki różnych rodzajów. Ten sposób oznaczania wywodzi się z zasad stosowanych w urządzeniach suwakowych. Wykorzystuje się

w nich liczby do określania różnych elementów, zależnie od rodzaju i miejsca umieszczenia. Na przykład pierwsza cyfra *0* oznacza zaciski styków osiowych i oporników, cyfra *1* zaciski cewek elektromagnesów współpracujących z dźwigniami, cyfra *2* — zaciski styków przebiegowych, cyfra *4* — zaciski styków przekaźników umieszczonych w nastawnicy, cyfra *7* — zaciski styków przekaźników umieszczonych w nadbudowie, cyfra *9* — przewody wychodzące z nastawnicy na zewnątrz.

Układy styków elektromagnesów bloków są zwykle układami przełączającymi. Oznaczane są przeto trzema cyframi, w których — zgodnie z zasadą — pierwsza oznacza numer układu sprężyn stykowych, a druga — zaciski styków w tej grupie. Druga cyfra *1* oznacza zacisk styku wspólnego, cyfra *2* — zacisk styku przerywającego, a cyfra *3* — zacisk styku łączącego. Styki przekaźników telefonicznych opisuje się, jak przyjęto w teletechnice.

Zgodnie z zasadą upraszczania symboli upraszcza się również i opisy zacisków. Celem tych uproszczeń jest skrócenie opisów i wykonanie schematu bardziej czytelnego w razie użycia dużej ilości styków. Uproszczenie polega na opisywaniu zacisków styku jedną cyfrą, wskazującą kolejny numer układu sprężyn stykowych. Ten sposób opisywania stosuje się w przypadkach, gdy mimo uproszczenia numeracja będzie zrozumiała i jednoznaczna dla wykonania montażu i utrzymania (np. styki przekaźników, przycisków, prętów przyciskowych bloków itd.). Natomiast zaciski styków przełączających, które zależnie od rodzaju obwodu mogą pracować w dwóch różnych zasadniczych stanach, np. styki ryglowe bloków i styki zastawek, opisuje się pełnym oznaczeniem; zapobiega się w ten sposób ewentualnym pomyłkom podczas montażu i utrzymania, wynikających z omyłkowego zrozumienia uproszczonego opisu połączeń na zaciskach.

Na schematach ideowych zwykle nie zaznacza się numeracji zacisków.

W pozycjach od 6 do 18 tablicy 10 podano przykładowo pełne opisy styków. Dla styków z uproszczonym opisem zacisków styków uwzględniono dwa przypadki. Przypadek *A* — z pełnym opisem i przypadek *B* — ze skróconym opisem. Styki bloków i zastawek opisuje się dwoma sposobami: bez podania oznaczenia literowego (symbol 10a) albo też ze wskazaniem numeru bloku

w aparacie blokowym i z podaniem tego oznaczenia (symbol 10b). Pierwszy sposób stosowany jest na schematach, na których łatwo można stwierdzić, do jakiego rodzaju bloku lub zastawki należy dany styk, np. gdy elektromagnes bloku i jego styki znajdują się na tym samym arkuszu.

Inne elementy, jak transformatory, dławiki, oporniki, kondensatory, wyłączniki itp., w schematach techniczno-montażowych mogą mieć następujące opisy: dane charakteryzujące element (moc, prąd, napięcie lub oporność, zależnie od elementu); numer katalogowy elementu; numer oznaczeniowy lub miejsce umieszczenia elementu na stojaku, tablicy, w szafie; skrót literowy, ewentualnie z kolejną liczbą porządkową, np. opornik piąty — *R5*, transformator trzeci — *T3;* oznaczenia zacisków zgodnie z danymi na konstrukcji, a w razie braku tych oznaczeń — według ustalonych zasad, zwykle kolejnymi cyframi.

Na jednym arkuszu w jednym projekcie mogą występować elementy o tych samych wartościach znamionowych, np. oporniki, transformatory, żarówki. Wówczas wartości te podaje się zwykle tylko na jednym elemencie i na pierwszym arkuszu projektu.

W tablicy 10 w pozycjach od 19 do 25 widoczne są najbardziej charakterystyczne opisy elementów.

Opisywania elementów liczbami porządkowymi dokonuje się dwoma sposobami. Spotykamy oznaczenia cyframi kolejnymi, zwłaszcza gdy stacja jest mała i obejmuje niewiele elementów. W razie dużej ilości elementów stosuje się numerację z podziałem ich na grupy, przy czym zwykle pierwsze cyfry oznaczają numer w grupie, a drugie — numer grupy.

Przy rozmieszczeniu elementów na stojakach spotyka się różne sposoby ich opisywania, np. z następującym znaczeniem cyfr w liczbie opisowej: pierwsze cyfry podają numer stojaka, następne — rząd na stojaku, a ostatnie — miejsce w rzędzie. Dla określenia numeru stojaka używa się cyfr arabskich lub rzymskich. Używa się również opisów o znaczeniu liczb odwrotnym, niż podano, tzn. pierwsze cyfry oznaczają numer w rzędzie, drugie — rząd, a trzecie — numer stojaka. W uproszczonych opisach podaje się kolejno rząd w stojaku, a następnie numer stojaka, np. opis *103* wskazuje, że element znajduje się w pierwszym rzędzie na trzecim stojaku.

W budynku nastawni przewody prowadzone są między poszczególnymi urządzeniami poprzez zaciski płytek zaciskowych. Przewody do aparatu blokowego przechodzą przez płytki zaciskowe z pulpitu nastawczego na plan świetlny lub na stojaki i ze stojaków. W tych przypadkach miejsca przejścia przewodu z urządzenia do urządzenia zaznacza się na schematach grubą linią przerywaną, oddzielającą urządzenia, lub przez naniesienie zacisków na liniach połączeniowych. Zaciski te są również opisywane liczbami. Stosuje się różne zasady opisywania, np. pierwsze cyfry oznaczają numer zacisku, następne — numer płytki zaciskowej, a w aparatach blokowych — numer pola blokowego, w którym znajdują się płytki. Stosuje się też opisy·z oznaczeniem kolejnych numerów płytek cyframi rzymskimi, a zacisków — cyframi arabskimi. Zaciski listew znajdujących się na stojakach opisuje się podobnie. Pierwsze cyfry wskazują numer zacisku na listwie, następne — numer kolejny listwy na stojaku, a ostatnie — stojak, np. z numeru *12305* dowiadujemy się, że dwunasty zacisk trzeciej płytki zaciskowej znajduje się na piątym stojaku.

Od urządzeń wewnętrznych do urządzeń zewnętrznych, jak semafory, zwrotnice, przyciski szynowe, odcinki izolowane, przewody prowadzone są zwykle w kablu. Na schematach oznacza się grubymi podziałowymi liniami przerywanymi przejścia (kable) między głowicami, garnkami i szafami, a jeżeli zachodzi potrzeba, to i puszkami. Obok tych linii opisuje się przewód. Pierwsze cyfry oznaczają numer kolejny żyły, a następne — numer kabla, w którym prowadzona jest dana żyła. Numer żyły (przewodu) zgodny jest zwykle z numerem zacisku na głowicy, do której jest dołączony. Głowice oznacza się numerem kabla. Podobnie oznacza się przewody w kablu i na linii napowietrznej, idące do innych nastawni, posterunków przekaźnikowych i posterunków ruchu, np. numer żyły *1502* oznacza, że jest to żyła piętnasta w kablu *02*.

Rozdział III

CECHY CHARAKTERYSTYCZNE SCHEMATÓW

1. SPOSOBY RYSOWANIA SCHEMATÓW

Do cech zewnętrznych schematu należą symbole i oznaczenia oraz sposób narysowania schematu. Czynniki te mogą ułatwiać lub utrudniać posługiwanie się schematem, czyniąc go bardziej przejrzystym lub więcej skomplikowanym.

Schematy mogą być rysowane w układzie:

a) pionowym,

b) poziomym,

c) mieszanym (pionowo-poziomym).

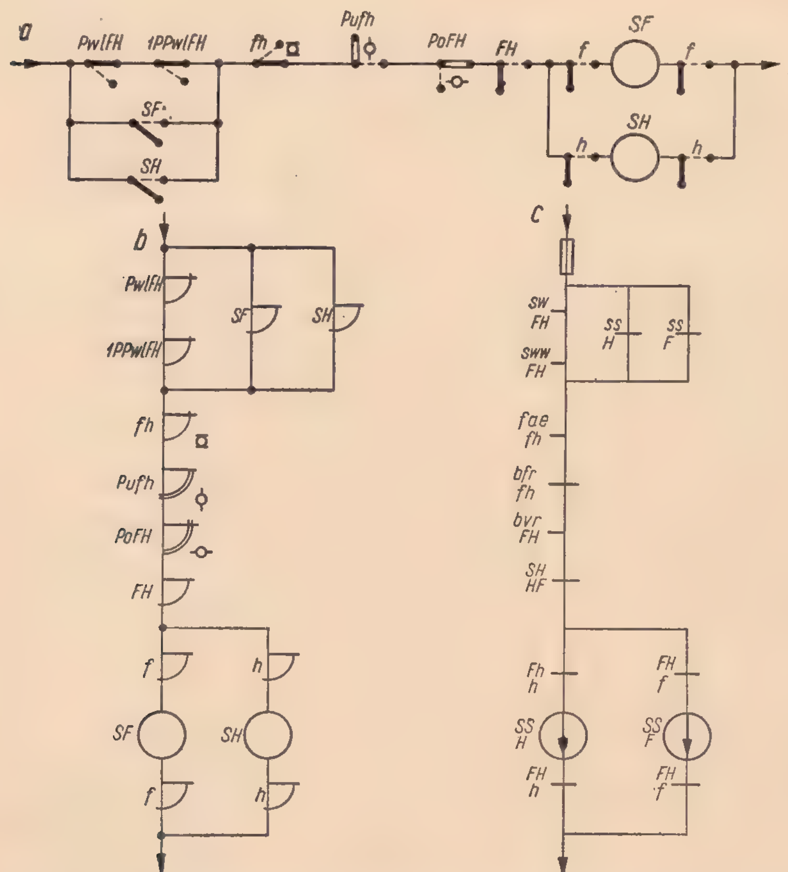
W urządzeniach zrp mechanicznych i suwakowych schematy są rysowane zasadniczo w układzie pionowym, natomiast w urządzeniach elektrycznych — w układzie poziomym.

Układ poziomy jest łatwiejszy do czytania niż pionowy. Umożliwia on rysowanie obwodów w sposób podobny do planu schematycznego torów na stacji oraz dokładniejsze śledzenie położenia kotwicy przekaźnika. Daje możliwość wydłużania formatu rysunku i przystosowania go do wielkości schematu. Ma to znaczenie dla łatwego i sprawnego posługiwania się rysunkami schematów w terenie.

Układ poziomy rysowania schematów stosowany jest w Anglii, Francji, Stanach Zjednoczonych i w ZSRR. Głównym zwolennikiem układu pionowego, skąd zresztą wziął on swój początek, są Niemcy.

Na rysunku 17 przedstawiono obwód przekaźników sygnałowych semaforów wyjazdowych urządzeń mechanicznych z sygnalizacją świetlną, narysowany dla porównania trzema sposobami: w układzie poziomym (rys. 17a) za pomocą symboli ujednoliconych, w układzie pionowym z symbolami stosowanymi dotych-

czas (rys. 17b) i w układzie pionowym z oznaczeniami obecnie używanymi w schematach niemieckich (rys. 17c). Ten ostatni układ został podany ze względu na charakterystyczny sposób oznaczania styków.



Rys. 17. Obwód przekaźników sygnałowych semaforów wyjazdowych urządzeń mechanicznych z sygnalizacją świetlną

a — układ rysowania poziomy, *b* — układ rysowania pionowy, *c* — układ rysowania pionowy (nowe oznaczenia niemieckie)

W praktyce na kolejach niemieckich istnieją dwa systemy oznaczeń. Pierwszy opiera się na dotychczasowych zasadach rysowania styków i funkcyjnego oznaczania symboli przekaźników. Drugi, uważany za postępowy i nowoczesny, stosuje uproszczone ozna-

czenia styków, ma jeden symbol ogólny dla przekaźników oraz wyłącznie oznaczenia literowe przekaźników.

W przedstawionym na rysunku 17c obwodzie zastosowano oznaczenia literowe niemieckie według systemu drugiego. Podane litery są skrótami wyrazów niemieckich. Na przykład *SS* jest skrótem wyrazu niemieckiego Signalstellrelais — przekaźnik nastawczy sygnałowy; *FH* — Fahrstrassenhebelkontakte — styki drążka przebiegowego; *bvr* — Riegelstangenkontakt (Anfangsfeld) — styk ryglowy bloku początkowego itd. Strzałka z grotem w dół wewnątrz symbolu przekaźnika SS oznacza, że zasadniczym jego stanem jest stan bierny (kotwica zwolniona).

Przekaźniki sygnałowe obwodu podanego na rysunku 17 sterują światłami semaforów wyjazdowych. Styk liniowego przekaźnika przeciwwtórnego i styk ryglowy bloku początkowego znajdujące się w obwodzie świadczą, że jest to obwód przekaźnika sygnałowego semafora wyjazdowego. Obwody przekaźników sygnałowych semaforów wjazdowych nie mają tych styków. Ze schematu widoczne są zależności i zasada pracy układu. Przekaźnik *SF* steruje światłami semafora *F*, a przekaźnik *SH* — światłami semafora *H*. Zamknięcie obwodu jednego z tych przekaźników, a więc i nastawienie na semaforze sygnału zezwalającego na jazdę, następuje po spełnieniu wymaganych warunków, czyli gdy wskutek wykonanych czynności nastąpi zwarcie wszystkich styków w obwodzie.

Czynności te są następujące:

a. Przełożenie drążka przebiegowego, np. drążka *f* dla przebiegu *F*. Wskutek tego zostają zwarte styki drążka w obwodzie przekaźnika *SF*. Wprowadzenie dwóch styków drążków przebiegowych przed i za przekaźnikiem sygnałowym przerywa obwód w dwóch miejscach. Ma to zwiększać bezpieczeństwo pracy obwodu, zmniejszając prawdopodobieństwo dostania się napięcia z innego przewodu, a więc i przypadkowego zadziałania przekaźnika. Taki sposób podwójnego przerywania obwodu można spotkać i w innych ważnych obwodach zabezpieczeniowych, np. w obwodach świateł semaforów świetlnych.

b. Naciśnięcie klawisza bloku przebiegowo-utwierdzającego *Pufh* powoduje zwarcie styku ryglowego bloku *Pufh* i utwierdzenie nastawionej drogi przebiegu.

c. Przełożenie dźwigni sygnałowej *FH* wspólnej dla wszystkich semaforów wyjazdowych tego samego kierunku. Czynność ta jest ostatnią przed ukazaniem się sygnału „Wolna droga", gdyż powoduje zwarcie styku dźwigni i zamknięcie obwodu sygnałowego.

Przekaźnik sygnałowy nie zadziała, jeżeli nie są spełnione dalsze wymagania ruchowo-techniczne.

Styk ryglowy bloku początkowego *PoFH* kontroluje w sposób elektryczny niezajęcie szlaku. Rozwarty styk przekaźnika przeciwwtórnego *PwlFH* uniemożliwia wyprawienie na szlak następnego pociągu za pierwszym, jeżeli po wyjeździe pociągu nie będzie zablokowany blok *PoFH*. Przy styku przekaźnika *PwlFH* znajduje się styk jego powtarzacza *1PPwlFH*, którego obwód jest taki sam, jak podano na rysunku 2.

Ponieważ styki powtarzacza przekaźnika przeciwwtórnego wchodzą również do obwodów zależnościowych, przeto stan jego normalnej pracy (kotwica przyciągnięta) jest kontrolowany w obwodzie przekaźników sygnałowych. Oba styki *Pwl* i *1PPwl* zbocznikowane są stykami przekaźników sygnałowych *SF* i *SH*, gdyż przekaźnik *Pwl* pracuje w obwodzie na prąd ciągły. Wzbudzenie któregokolwiek przekaźnika sygnałowego powoduje przerwanie tego obwodu i zwolnienie kotwicy przekaźnika *Pwl*. Obwód przekaźników sygnałowych zostaje, co prawda, przerwany stykami *Pwl* i *1PPwl*, jednak przekaźniki *SF* i *SH* są w dalszym ciągu zasilane przez własne styki w obwodzie.

Styk przekaźnika włączającego *fh* został wprowadzony do obwodu dla uzyskania samoczynnej zmiany sygnału „Wolna droga" na sygnał „Stój" po najechaniu pierwszej osi wyjeżdżającego pociągu na przycisk szynowy odcinka zwalniania bloku przebiegowo-utwierdzającego. Gdyby w rozpatrywanym obwodzie nie było przekaźnika *fh*, samoczynne nastawienie sygnału „Stój" mogłoby następować po zwolnieniu bloku *Pu*, jednak dopiero po zjechaniu ostatniej osi pociągu z szyny izolowanej.

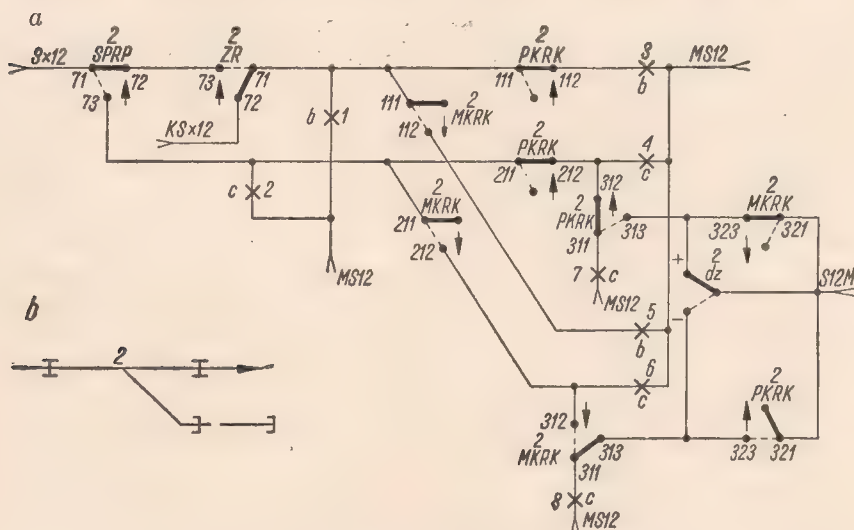
Po wyjeździe pociągu obwód przekaźników sygnałowych jest przerwany stykami przekaźników *PwlFH* i *1PPwlFH* oraz bloku *Pufh*. Po cofnięciu dźwigni sygnałowej *FH* i drążka przebiegowego *f* oraz po zablokowaniu bloku *PoFH* obwód przekaźników sygnałowych pozostaje nadal przerwany stykiem ryglowym bloku *Po*. Po zwolnieniu szlaku przez pociąg obwód przekaźnika sygnałowe-

go jest przygotowany do podawania sygnału zezwalającego na jazdę.

Widzimy zatem, że w tym prostym obwodzie każdy styk ma swój cel i wyznaczoną do spełnienia funkcję.

Przy zapoznawaniu się z rysunkiem 17, na którym znajdują się 2 przekaźniki sygnałowe *SF* i *SH*, zwraca uwagę to, że każdy semafor ma własny przekaźnik sygnałowy i że wszystkie semafory jednego kierunku mają 1 dźwignię sygnałową, 1 blok *Pu*, 1 blok *Po* i 1 przekaźnik przeciwwtórny.

System rysowania schematów w oparciu o układ torów uwypu-



Rys. 18. Obwód sygnalizacyjny zwrotnicy

a — obwód, *b* — fragment układu torów dla obwodu sygnalizacyjnego zwrotnicy

kla powtarzające się układy styków i przekaźników w obwodach elektrycznych, czyni schematy bardziej przejrzystymi i uporządkowanymi oraz nawiązuje rysunkowo do układów zwrotnic i torów. Czynniki te ułatwiają korzystanie ze schematów i sprzyjają zapamiętaniu zależności występujących w obwodach.

Obecnie używane u nas schematy urządzeń przekaźnikowych nie są przystosowane do takiego sposobu rysowania. Jedynie obwody przekaźników planu świetlnego, które mają charakter pomocniczy, rysowane są odpowiednio do układu torów. Styki tych przekaźni-

ków wykorzystuje się do sygnalizowania na pulpicie nastawczym utwierdzenia drogi przebiegu. Natomiast w radzieckich schematach urządzeń przekaźnikowych ten system rysowania jest stosowany we wszystkich możliwych obwodach.

Na rysunku 18a przedstawiono przykładowo obwód sygnalizacyjny zwrotnicy 2, narysowany zgodnie z planem schematycznym stacji, której fragment widoczny jest na rysunku 18b. Obwód zaczerpnięty został z radzieckich schematów urządzeń przekaźnikowych. Opis i oznaczenia pozostawiono jak w schematach radzieckich. Styki są tak rysowane, aby można było uzyskać jak najprostsze połączenia bez oznaczania położenia kotwicy, i zawsze mają strzałki wskazujące zasadniczy stan przekaźnika. Skróty literowe używane na schemacie mają następujące znaczenie:

S×12 — przewód ogólny prądu zmiennego o napięciu 12 V (pierwszy biegun);
MS12 — drugi biegun prądu zmiennego, a przy zaniku prądu zmiennego — minusowy biegun baterii 12 V prądu stałego;
S12M — drugi biegun (plusowy) baterii akumulatorów 12 V; prąd przerywany okresowo (światło migające);
KS×12 — drugi biegun prądu zmiennego 12 V, włączany przyciskiem przez nastawniczego;
SPRP — powtarzacz przekaźnika torowego odcinka izolowanego zwrotnicy nr 2;
ZR — przekaźnik zamknięcia, zamykający zwrotnice w przebiegu;
MKRK, *PKRK* — powtarzacze przekaźników kontrolnych plusowego (PKR) i minusowego (MKR) położenia zwrotnicy;
dz — dźwigienka zwrotnicowa zwrotnicy nr 2.

Jak wynika ze schematu 18a w zasadniczym stanie urządzeń na planie zwrotnicy nie pali się żadna lampka sygnalizacyjna. Po nastawieniu drogi przebiegu i elektrycznym zamknięciu zwrotnicy stykiem nie wzbudzonego przekaźnika *ZR* w szczelinach zapalają się lampki białe (oznaczone literą *b*). W plusowym położeniu zwrotnicy wzbudzony jest przekaźnik *PKRK* i świecą się lampki *1* i *3*. W minusowym położeniu przekaźnik *PKRK* jest w stanie biernym, przekaźnik *MKRK* jest wzbudzony i świecą się lampki *1* i *5*. Po wjechaniu pojazdu na odcinek izolowany zwrotnicy zwal-

nia kotwicę przekaźnik torowy, a wraz z nim i jego powtarzacz SPRP. Zapalają się lampki czerwone (oznaczone literą c) 2, 4 i 7 lub 2, 6 i 8, zależnie od położenia zwrotnicy. Lampki te światłem ciągłym wskazują na zajęcie odcinka izolowanego. Te same światła czerwone ukazują się zarówno przy przebiegach zorganizowanych, jak i w każdym przypadku zajęcia odcinka izolowanego oraz przy elektrycznej przerwie w obwodzie torowym.

W każdej ze szczelin bocznych zwrotnicy jedna z lampek czerwonych (7 lub 8) wykorzystywana jest również do świecenia światłem migającym, aby alarmować o nieprawidłowości zachodzącej w obwodzie zwrotnicowym. Czerwone światło migające sygnalizuje stan, w którym położenie dźwigienki zwrotnicowej na pulpicie nastawczym nie odpowiada położeniu zwrotnicy w terenie lub sygnalizuje rozprucie zwrotnicy. Również w czasie przestawiania zwrotnicy, gdy oba przekaźniki kontrolne położenia zwrotnicy pozostają w stanie biernym, miga światło czerwone (żarówka 7 lub 8). Mimo że plan jest ciemny, nastawniczy ma możliwość w każdej chwili stwierdzić położenie zwrotnic na planie świetlnym naciskając odpowiedni przycisk. Wówczas zostaje zamknięty obwód lampek białych, zasilanych z KSx12 i wskazujących położenie zwrotnic. Zwykle na każdą głowicę układu torów przewiduje się jeden przycisk dla kontroli położenia zwrotnic w tej głowicy.

2. RODZAJE SCHEMATÓW

Sposób graficznego przedstawienia schematów, stosowany w urządzeniach mechanicznych, zaczęto wprowadzać od 1900 r. Przez rysowanie schematów rozumie się nie tylko same połączenia i rysunki symboli, ale również ich opis oraz sposób prowadzenia przewodów. Zależnie od stopnia uwzględnienia szczegółów, zakresu opisywania elementów i sposobu rysowania schematy można podzielić na:

a) ideowe,
b) techniczno-montażowe,
c) montażowe,
d) blokowe,
e) obwodowe,
f) plany.

W piśmiennictwie fachowym chętnie korzysta się ze schematów ideowych i blokowych. Celem ich jest przede wszystkim zapoznanie czytelników z zasadami i głównymi cechami pracy urządzeń. Natomiast w projektach urządzeń zrp głównie stosowane są schematy techniczno-montażowe i plany, a w razie potrzeby i schematy montażowe.

Umieszczenie planów w tym podziale wynika z ich cech charakterystycznych. Jakkolwiek nie są to schematy z przekaźnikami i stykami, jednak stanowią one pewną uproszczoną, bardzo przydatną dla wykonania montażu formę wskazania sposobu połączeń urządzeń wewnętrznych zrp z urządzeniami zewnętrznymi.

2.1. Schematy ideowe

Schematy ideowe, nazywane również schematami zasadniczymi, stosowane są wówczas, gdy chodzi o podanie zasad połączeń, wyjaśnienie działania urządzenia i zapoznanie się z podstawowymi zależnościami. Z tego względu, zależnie od przeznaczenia i potrzeby, zawierają one mniej lub więcej opisów i elementów. Używa się ich powszechnie w książkach, czasopismach fachowych i w opracowaniach typowych.

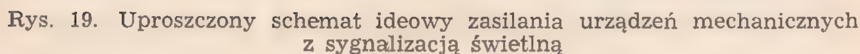
Przystępując do czytania schematu zadajemy sobie pytanie, jaki to jest schemat, jakiego urządzenia dotyczy i jakim warunkom ruchowo-technicznym odpowiada? Następnie interesują nas występujące w nim zależności i rodzaje elementów. To wszystko dostatecznie wyjaśnia schemat ideowy.

Przykładem schematu ideowego może być obwód przekaźników sygnałowych podany na rysunku 17. Na schemacie narysowano przekaźniki i położenia styków. Opis jest wykonany w zakresie wystarczającym dla stwierdzenia, do jakiego elementu należy styk. Schemat jest wieloliniowy, gdyż każdy przewód połączeniowy oznaczony jest osobną linią.

W zrp urządzenia zasilające mogą być przedstawione uproszczonym schematem ideowym, sposobem stosowanym w energoelektryce. Na takim schemacie podaje się zasadnicze połączenia między głównymi częściami i elementami urządzenia zasilającego. Pozwala to w prosty sposób zobrazować działanie urządzenia i zapoznać się z jego pracą. Schematy uproszczone wykonywane są

jako jednoliniowe, tzn. obwód rysuje się jedną linią, niezależnie od liczby przewodów w danym obwodzie. Ilość przewodów w obwodzie oznaczona jest ilością kresek na linii.

Na rysunku 19 przedstawiono przykładowo uproszczony schemat ideowy zasilania mechanicznych urządzeń z sygnalizacją świetlną. Na schemacie widoczne są zasadnicze elementy urządzenia zasilającego, jak agregat, przetwornica, transformatory, prostowniki itp., oraz odbiorniki w postaci przekaźników i semaforów.



Rys. 19. Uproszczony schemat ideowy zasilania urządzeń mechanicznych z sygnalizacją świetlną

rów. Pokazano również połączenia między tymi urządzeniami oraz zasadę współpracy źródeł zasilania — sieci i agregatu.

Głównym źródłem zasilania jest sieć ogólna 3 × 380/220 V czteroprzewodowa, oznaczona czterema kreskami na obwodzie prowadzącym do głównego transformatora zasilającego *T1*. Transformator *T2* jest transformatorem rezerwowym. Źródło zapasowe stanowi agregat spalinowo-elektryczny, składający się z prądnicy

G, silnika spalinowego *S* i rozrusznika (startera) *Sr*. W razie zaniku napięcia w sieci głównej przekaźnik podnapięciowy *V* przerywa swymi stykami obwód stycznika *Sy1*, a zamyka obwód stycznika *Sy2* i rozrusznika *Sr*. Następuje samoczynne odłączenie sieci głównej przez stycznik *Sy1* i włączenie zasilania z prądnicy przez stycznik *Sy2*.

Powrót napięcia w sieci głównej powoduje zadziałanie przekaźnika *V*, który za pomocą styczników przełącza zasilanie z agregatu rezerwowego na sieć. Styczniki *Sy1* i *Sy2* umożliwiają zasilanie urządzeń zrp tylko z jednego źródła. Stycznik *Sy3* włącza zasilanie z przetwornicy na semafory, gdy żadne z obu źródeł zasilania nie daje napięcia. Trzy baterie akumulatorów współpracują buforowo z prostownikami.

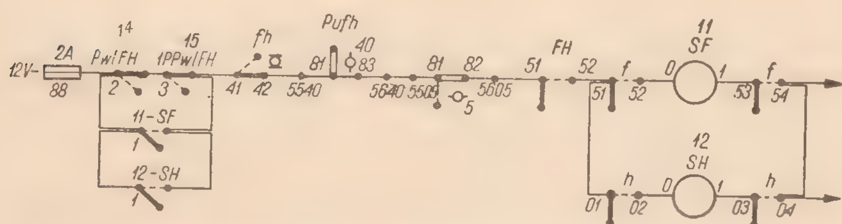
Jedna bateria 12 V wykorzystywana jest do rozrusznika agregatu, druga do zasilania przekaźników, a trzecia 24 V służy do zasilania przetwornicy i obwodów sygnalizacyjnych. Semafory wyjazdowe i ich tarcze oraz tarcze manewrowe i zaporowe zasilane są ze wspólnego transformatora *T3*, obniżającego napięcie z 220 V na 130/145 V. Semafory wjazdowe i ich tarcze oraz semafory drogowskazowe i wyjazdowe dla przebiegów bez zatrzymania mają indywidualne transformatory *T4*, obniżające napięcie z 220 V na 115/130/145 V. Zastosowanie po stronie wtórnej transformatorów *T3* i *T4* różnych odczepów ułatwia regulację napięcia doprowadzanego do żarówek semaforów, zależnie od odległości od nastawni.

2.2. Schematy techniczno-montażowe

Schematy techniczno-montażowe wykorzystywane są do montażu i do utrzymania. Oprócz zasad pracy urządzeń podają one potrzebne dane do prawidłowego wykonania połączeń, zastosowania właściwych elementów i ich rozmieszczenia. Są one rozszerzeniem i rozbudowaniem schematów ideowych. Oznacza się na nich wszystkie elementy obwodu ze szczegółowym opisem i numeracją zacisków. Na przewodach oznacza się przejścia przez zaciski płytek zaciskowych. W razie potrzeby podaje się sposób połączenia przewodów i miejsce rozmieszczenia przekaźników oraz innych elementów.

Na rysunku 20 podany jest schemat techniczno-montażowy obwodu przedstawionego na rysunku 17. Porównując te dwa obwody widzimy, że schemat z rysunku 20 ma bardziej szczegółowy opis.

Obwód rozpoczyna się bezpiecznikiem 2A. Obok bezpiecznika podano kolejny jego numer (*88*), rodzaj i wielkość napięcia zasilania (12 V prądu stałego). Każdy styk i zacisk przekaźnika jest opisany zgodnie z ustalonymi zasadami. Czarne punkty na przewodach oznaczają zaciski płytek zaciskowych, znajdujących się w aparatach blokowych. Zaciski są opisane liczbami, z których pierwsze podają kolejny numer zacisku, a drugie — numer pola



Rys. 20. Schemat techniczno-montażowy przekaźników sygnałowych semaforów wyjazdowych urządzeń mechanicznych z sygnalizacją świetlną (dla schematu ideowego z rys. 17)

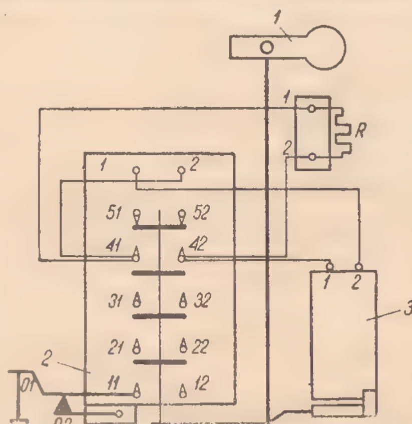
blokowego, gdzie umieszczona jest płytka. Na przykład numer zacisku *5540* oznacza kolejny zacisk *55* na płytce zaciskowej, umieszczonej w *40* polu aparatu blokowego. Liczby przy opisach przekaźników i ich stykach wskazują miejsce umieszczenia przekaźników na stojakach lub w szafach.

Schematy techniczno-montażowe rysowane są wieloliniowo, tzn. każdej linii odpowiada przewód połączeniowy. Stąd wynikają podwójne, obok siebie biegnące linie połączeniowe, widoczne na ryrunku 20; na przykład do zacisku *A2* styku przekaźnika *PwlFH* doprowadzone są 2 przewody — jeden od bezpiecznika, a drugi od zacisku *A1* styku przekaźnika *SF*. Dwustronne połączenia przekaźników z biegunem źródła poprzez styk *54* drążka *f* i styk *04* drążka *h* mają zwiększać niezawodność zasilania. W razie przerwania jednego z połączeń pozostaje połączenie z baterią przez drugi przewód.

2.3. Schematy montażowe

Stosowanie tego rodzaju schematów wynika z potrzeby dokładnego wskazania podczas montażu połączeń i ułożenia przewodów między zaciskami poszczególnych zespołów, elementów i urządzeń. Ze schematów tych korzysta się przy montażu fabrycznym pulpitów nastawczych, stojaków, tablic rozdzielczych, kontrolnych itp. Istotną ich cechę stanowią uproszczone rysunki elementów urządzeń z oznaczonymi i opisanymi dokładnie zaciskami. Rysunki elementów urządzenia rozmieszczane są zwykle w takich położeniach względem siebie, jakie zajmują w rzeczywistości. W urządzeniach zrp spotykamy się rzadko ze schematami montażowymi, np. w zespole przekaźników przycisków szynowych i w powtarzaczu semafora ramiennego.

Odczytywanie schematów montażowych polega na zapoznaniu się z połączeniami między poszczególnymi zaciskami elementów urządzenia. Do całkowitego zrozumienia działania obwodów i urządzenia należy mieć schemat ideowy lub techniczno-montażowy. Opisy elementów i zacisków na schemacie techniczno-montażowym i montażowym są zwykle z sobą zgodne. Na schemacie montażowym zaznacza się też rodzaj przewodów.



Rys. 21. Schemat montażowy powtarzacza ramienia semafora na prąd ciągły

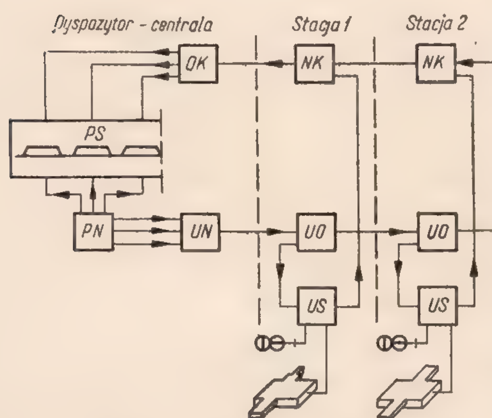
1 — poprzeczka ramienia semafora, *2* — płytka stykowa, *3* — elektromagnes

Dla przykładu na rysunku 21 przedstawiono schemat montażowy powtarzacza na prąd ciągły ramienia semafora. Przy korzystaniu z tego rodzaju schematów należy znać konstrukcję zastosowanych elementów i sposób ich działania. Wydłużona dźwignia, przymocowana do kotwicy elektromagnesu *3* uruchamia układy styków umieszczonych na płytce stykowej *2* i poprzeczkę przedstawiającą ramię semafora *1*. Nad elektromagnesem umieszczony jest opornik *R*.

Do zacisków *1* i *2* na płytce zaciskowej i do zacisków styków elektromagnesu, nie wykorzystywanych w połączeniach wewnętrznych, doprowadza się z zewnątrz przewody odpowiednich obwodów elektrycznych. Sprężyny stykowe *01—02* zwierane są ręcznie za pomocą przycisku.

2.4. Schematy blokowe

Przed przystąpieniem do dokładnego analizowania i czytania schematów należy poznać zasadę pracy urządzenia i istotne jego cechy. Pomaga temu rysunkowe przedstawienie, w którym w sposób bardzo schematyczny i poglądowy oznacza się zasadnicze części urządzenia i ich wzajemne powiązanie. Części i zespoły urządzeń oznacza się zwykle prostokątami lub kwadratami z podaniem ich pełnej nazwy lub skrótu. Linia łącząca poszczególne symbole wskazuje bardzo ogólnie na istnienie między nimi zależności i współpracę. Jest to schemat blokowy (obiegowy).



Rys. 22. Schemat blokowy dyspozytorskich urządzeń nastawczych

Stosuje się go zwykle w piśmiennictwie fachowym przy ogólnie zaznajamiających opisach urządzeń, kiedy nie zachodzi potrzeba podawania szczegółów. Zalety blokowych schematów występują wyraźnie przy zaznajamianiu się z urządzeniami o bardziej skomplikowanym działaniu i dużej ilości elementów, dających się wyodrębnić w grupy, jak DUN, urządzenia samoczynnego hamowania lub urządzenia kontroli dyspozytorskiej. Ponieważ sam schemat blokowy bez opisu przeważnie nie jest zrozumiały, przeto zwykle zaopatruje się go w odpowiedni opis objaśniający.

Na rysunku 22 podano przykład schematu blokowego dyspozytorskich urządzeń nastawczych typu szwedzkiego. Na planie

świetlnym *PS*, znajdującym się w nastawni centralnej, przedstawiono schematycznie plan torów obsługiwanego odcinka. Umieszczone na nim żarówki kontrolne wskazują zajęcie szlaków i stacji, położenie zwrotnic, stan sygnałów i utwierdzenie przebiegów na sterowanych posterunkach ruchu.

Obsługi urządzeń, tj. nastawiania zwrotnic i podawania sygnałów, dokonuje się z centrali za pomocą przycisków i dźwigienek umieszczonych na pulpicie nastawczym *PN*. W innych rozwiązaniach plan świetlny jest połączony w całość z pulpitem nastawczym. Impulsy nakazów prądu stałego są przesyłane przez układ nadający *UN* z centrali do układu odbierającego *UO* na stacji. Stąd przekazywane są do miejscowych urządzeń nastawczych i sygnałowych *US*, które wykonują żądane nakazy: przestawiają zwrotnice i sterują sygnałami. Następnie impulsy kontrolne przekazywane są z urządzeń nastawczych i sygnałowych *US* przez nadajnik impulsów kontroli *NK* do odbiornika impulsów kontroli *OK* w centrali, gdzie sterują lampkami tablicy świetlnej *PS*.

Ogólny opis pracy urządzeń jest prosty: podaje on zasadę pracy, ale trzeba pamiętać, że każdy z tych członów składa się z obwodów elektrycznych z sobą współpracujących, o dużej ilości przekaźników, których przeanalizowanie nie należy do zadań łatwych i wymaga nieraz dużego wysiłku.

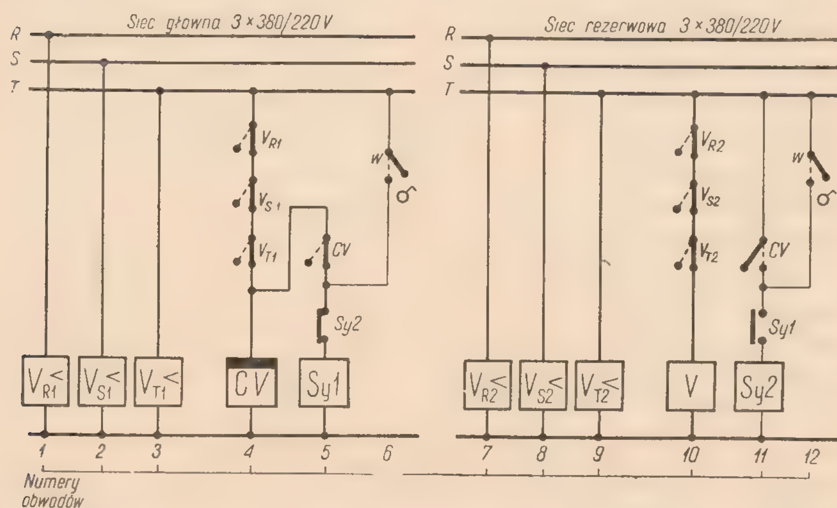
2.5. Schematy obwodowe

Schematy tego rodzaju, zwane również funkcyjnymi lub funkcjonalnymi, przedstawiają połączenia urządzeń elektrycznych z bardzo wyraźnym wyodrębnieniem poszczególnych obwodów. Obwody oznacza się za pomocą prostych linii, w których umieszczone są symbole elementów. Oznaczenia i opisy tych schematów są dokładne, gdyż w przeciwnym razie są trudne do czytania. Pozwalają one w prosty i przejrzysty sposób wyjaśnić działanie skomplikowanych urządzeń. Stosowane są w energoelektryce i w automatyce przemysłowej. W urządzeniach zrp rzadko są używane. Ten sposób oznaczeń stosowany jest np. w niemieckich urządzeniach samoczynnego hamowania typu punktowego.

Na rysunku 23 podano przykładowo fragment schematu zasilania urządzeń zrp z dwóch sieci, narysowany w układzie obwodowym za pomocą symboli stosowanych w urządzeniach zrp. Frag-

ment ten obejmuje obwody samoczynnego przełączania zasilania na sieć rezerwową w razie zaniku napięcia na sieci głównej. Linia z kolejną numeracją obwodów, widoczna pod schematem, ułatwia czytanie i omawianie obwodów w tekście. Grubą linią oznaczono obwody znajdujące się w stanie zasadniczym „pod prądem”.

Urządzenia zrp zasilane są normalnie z sieci głównej (rys. 23). Każda z faz kontrolowana jest przekaźnikiem podnapięciowym V_{R1}, V_{S1}, V_{T1} (obwody *1*, *2* i *3*). Styki czynne tych przekaźników zamykają obwód przekaźnika czasowego *CV* (obwód *4*) o regulo-



Rys. 23. Obwody samoczynnego przełączania sieci zasilających w urządzeniach zasilających

wanym czasie przyciągania z opóźnieniem do 30 s. Stycznik *Sy1*, przez którego styki zasilane są urządzenia zrp z sieci głównej, znajduje się w stanie wzbudzonym w części obwodu *4* i w obwodzie *5*. Stycznik *Sy2* jest nie wzbudzony i swymi stykami odłącza sieć rezerwową od zasilania urządzeń zrp.

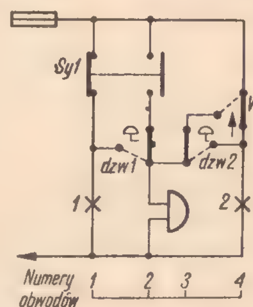
W razie zaniku lub obniżenia napięcia w sieci głównej przynajmniej o 20% chociażby na jednej fazie, np. *R*, zwalnia kotwicę odpowiedni przekaźnik podnapięciowy, np. V_{R1}, i przerywa obwód *4* przekaźnika *CV*; przekaźnik *CV* przerywa obwód *5* stycznika *Sy1*. Stycznik *Sy1* odłącza sieć główną, a stycznik *Sy2*, który wzbudzony zostaje w obwodzie 11 przez styki bierne *CV* i *Sy1*,

włącza sieć rezerwową. Przekaźniki podnapięciowe sieci rezerwowej V_{R2}, V_{S2} i V_{T2} (obwody *7*, *8* i *9*) oraz przekaźnik napięciowy *V* (obwód *10*) wykorzystywane są tylko do sygnalizacji (rys. 24).

Po powrocie napięcia w sieci głównej kotwica przekaźnika *CV* (obwód *4*) zostaje przyciągnięta i po mniej więcej 10 sek. zamyka obwód *5* stycznika *Sy1*, przerywając jednocześnie obwód *11* stycznika *Sy2*. Urządzenia zrp ponownie są zasilane z sieci głównej.

Plombowany włącznik *w* umożliwia włączanie sieci w razie uszkodzenia urządzeń samoczynnego przełączania.

Na rysunku 24 widoczne są obwody sygnalizacyjne sieci zasilających urządzenia zrp dla elementów sygnalizacyjnych (żarówki i dzwonek), umieszczanych na tablicy kontrolnej. Żarówka *1* (obwód *1* — rys. 24) kontroluje stan sieci głównej, a żarówka *2* (obwód *4*) — stan sieci rezerwowej. W razie zaniku napięcia na jednej z sieci gaśnie żarówka kontrolna tej sieci i dzwoni dzwonek.



Rys. 24. Obwody sygnalizacyjne dla elementów tablicy kontrolnej

Przełączniki dzwonkowe *dzw1* (obwód *2*) i *dzw2* (obwód *3*) umożliwiają przełączenie dzwonka z obwodu sygnalizującego zanik napięcia na obwód sygnalizujący powrót napięcia.

2.6. Plany

Plany stanowią rysunkowe przedstawienie połączeń między urządzeniami zewnętrznymi, znajdującymi się poza nastawnią, a urządzeniami wewnętrznymi, z podaniem danych o tych połączeniach. Rysowane są one w nawiązaniu do urządzeń zewnętrznych, nanoszonych zwykle na schematycznie przedstawionym układzie torów.

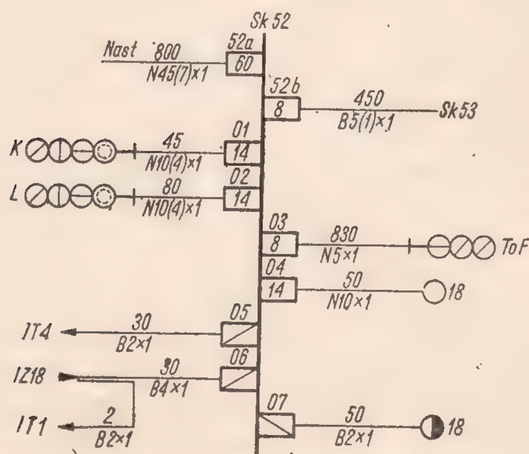
Mamy do czynienia z planami pędniowymi, kablowymi i izolacji torów. Plany kablowe i izolacji torów wskazują na połączenia elektryczne, natomiast plan pędniowy podaje połączenia mechaniczne za pomocą pędni drutowych. Plany rysowane są jednoliniowo. Odpowiedni opis liczbowy podaje ilość przewodów lub pędni w obwodzie.

Plany podają: sposób prowadzenia przewodów (pędni), rodzaj

przewodów doprowadzanych do poszczególnych urządzeń i miejsca doprowadzeń przewodów.

Projektowanie planów wymaga dokładnej znajomości urządzeń, które mają być ze sobą połączone, sprzętu instalacyjnego, rodzajów przewodów, układów obwodów elektrycznych i mechanicznych (w pędniach) oraz warunków terenowych.

Na rysunku 25 przedstawiono fragment planu kablowego szafy kablowej nr *52 (Sk52)* z podaniem danych o kablach wchodzących do szafy i wychodzących z niej. Kabel nr *52a* dochodzi z nastawni, a kabel nr *52b* prowadzi do innej szafy. Kable *01* i *02* zasilają semafory, a *03* — tarczę ostrzegawczą; kabel *04* prowadzi do napędu zwrotnicowego, kable *05* i *06* — do odcinków izolowanych, a kabel *07* służy do oświetlania zwrotnicy nr *18*.



Rys. 25. Fragment planu kablowego

Kable numeruje się dwojako: albo liczbami kolejnymi niezależnie od szaf i garnków kablowych, albo odpowiednio do numeracji szaf i garnków z uwzględnieniem cyfr oznaczających poszczególne okręgi nastawcze. Czasami numeruje się kable tylko numerami szaf lub garnków, bez uwzględnienia numeracji okręgów nastawczych. Numerację kolejną rozpoczyna się zwykle od strony szlaku w okręgu nastawni dysponującej, a kończy na kablach położonych od strony szlaku nastawni wykonawczej. Na stacjach o dużej ilości okręgów kable mogą mieć numerację osobną dla każdego okręgu. Wprowadza się wówczas cyfry dla każdego okręgu przed właściwym numerem kabla; na przykład nastawnia dysponująca ma cyfrę *0*, pierwsza nastawnia wykonawcza — *1* itd.

Na rysunku 25 zastosowano numerację kabli z uwzględnieniem numerów szaf (garnków).

Opis nad linią przedstawiającą kabel ma następujące znaczenie: liczba nad kreską podaje długość kabla w metrach, a liczby pod kreską — jego rodzaj i wykorzystanie żył; na przykład oznaczenie kabla nr *01 : 45-N10*(4)×1 wskazuje, że do semafora *K* prowadzi kabel nastawczy (skrót *N*) długości 45 m, z dziesięcioma żyłami o przekroju 1 mm² każda. W kablu wykorzystanych jest 6 żył, a 4 pozostają w rezerwie. Kable blokowe otrzymują skrót *B*,

Rys. 26. Fragment planu odcinków izolowanych

a — plan odcinków izolowanych, *b* — fragment układu torów dla planu odcinków izolowanych

a szynowe skrót *S*. Kable elektroenergetyczne oznacza się podobnie z tą różnicą, że rodzaj kabla podaje się zgodnie z oznaczeniami przyjętymi w elektroenergetyce.

Kable w szafie zakończone są zaciskowymi lub butelkowymi głowicami kablowymi, które symbolicznie oznacza się prostokątami. Liczba w prostokącie podaje ilość zacisków na głowicy. Kable *05*, *06* i *07* zakończone są głowicami butelkowymi.

Na rysunku 26a widoczny jest fragment planu odcinków izolowanych, wykonany dla układu torów podanego na rysunku 26b. Plan podano dla jednotokowych odcinków izolowanych stosowanych zwykle na stacjach linii zelektryfikowanych. Dla prądu trakcyjnego przewiduje się jeden tok szyn, oznaczony linią grubą, a nie dwa toki, jak w razie zastosowania dławików torowych. Na odcinkach podano ich oznaczenia, np. $IZ^{1}/_{2}$ oznacza odcinek zwrotnicowy zwrotnicy nr *1* i *2*, a *IT2* — odcinek torowy toru nr 2.

Na planie oznaczono złącza izolowane, linki połączeniowe, dławiki, miejsca przyłączenia transformatorów zasilających (↓) i transformatorów przekaźników torowych (↑) oraz rodzaje faz zasilających odcinki. Odcinki sąsiadujące ze sobą mają tak dobrane zasilające je fazy trójfazowego prądu, że w razie uszkodzenia złącz izolowanych przekaźniki torowe odcinków sąsiednich przechodzą w stan bierny. Linki połączeniowe przy zwrotnicach tworzą układy równoległych odcinków izolowanych zwrotnicowych.

3. WYMAGANIA RYSUNKOWE STAWIANE SCHEMATOM

Sposób wykonania rysunków schematów, rozmieszczenia elementów i ich wzajemnego powiązania ma na celu również ułatwienie korzystania z tych schematów.

Schemat powinien być:

— czytelny, przejrzysty i łatwo zrozumiały,

— starannie i czysto wykończony.

Czytelność schematu zależy od następujących czynników:

a) zachowania zasad rysowania obowiązujących dla danego rodzaju schematu;

b) przemyślanego i właściwego rozmieszczenia symboli i oznaczeń urządzeń, tak aby linie połączeniowe były jak najkrótsze i ilość skrzyżowań jak najmniejsza;

c) stosowania przyjętych oznaczeń i symboli oraz rysowania ich w odpowiedniej wielkości;

d) zachowania właściwego odstępu między sąsiednimi przewodami i równomiernego rozdziału linii na płaszczyźnie rysunku;

e) wyraźnego i jednoznacznego opisywania elementów;

f) logicznego łączenia i rozmieszczania poszczególnych obwodów na jednym arkuszu.

Wielkość symboli tak się dobiera, aby ułatwiały korzystanie ze schematów. To samo dotyczy opisów literowych i liczbowych; powinny one być wyraźne, jednoznaczne i umieszczone obok symbolu w taki sposób, aby nie zachodziła wątpliwość, którego z symboli dotyczą. Indeksy obok liter i liczb nanosi się wyraźnie i zgodnie z przyjętymi zasadami.

Zbyt małe symbole i opisy czynią schemat mało przejrzystym i zmniejszają jego czytelność, natomiast zbyt duże symbole wydłużają niepotrzebnie obwody.

W wielu przypadkach na jednym arkuszu rysuje się albo kilka obwodów jednakowych, np. obwody świateł semaforów, obwody odcinków izolowanych, albo obwody funkcyjnie z sobą powiązane i współdziałające, np. obwód przekaźników: sygnałowych, utwierdzenia i zwolnienia drogi przebiegu w urządzeniach przekaźnikowych.

Arkusze nie mogą być za duże ani wzdłuż, ani wszerz. Utrudnia to bowiem korzystanie z nich, sprawia kłopot przy składaniu i powoduje szybkie ich podarcie i zniszczenie. Formaty rysunków A4 (297 × 210 mm), A3 (420 × 297 mm) i 2 × A3 są najbardziej odpowiednie. Można je rozłożyć bez trudu na stole lub trzymać w ręku, a ponadto łatwo je składać.

Stosowane w praktyce ograniczanie wielkości formatów rysunkowych powoduje konieczność rysowania niektórych schematów na kilku arkuszach. Dotyczy to zwłaszcza obwodów lampek sygnalizacyjnych planów świetlnych i pulpitów nastawczych, w których przewód zasilający obwód przechodzi przez kilka arkuszy. W takich razach stosuje się wyraźne opisy na zakończeniach przewodów przenoszonych, które wskazują jednoznacznie, na jakim arkuszu znajduje się dalszy ciąg tych przewodów.

Przeróbki w obwodach elektrycznych wykonuje się na podstawie zaznaczonych zmian w istniejących schematach. Zmiany nanosi się zwykle kolorami na odbitkach, przy czym połączenia przeznaczone do skasowania oznacza się kolorem żółtym lub zakreśla się czerwonymi krzyżykami, a połączenia nowe rysuje się ciągłą linią czerwoną.

4. UKŁADY OBWODÓW

W urządzeniach zrp istnieje kolejność działania poszczególnych urządzeń elektrycznych, powiązanych z sobą określonymi zależ-

nościami. Polecenia przekazywane są z obwodu na obwód. Występujące obwody mogą mieć różną budowę i wykorzystywać różne elementy, zależnie od przeznaczenia obwodów oraz wymagań technicznych i ruchowych, którym muszą odpowiadać.

Elementy występujące w obwodach można podzielić według przeznaczenia na trzy grupy:

a) odbiorcze, które przejmują oddziaływania z zewnątrz i przekazują je do obwodów elektrycznych; do tych elementów należą styki przełączników, przycisków, dźwigni i drążków, przełączników napędów zwrotnicowych, odcinki izolowane, przyciski szynowe i elektromagnesy torowe;

b) pośredniczące, które przekazują oddziaływania elementów odbiorczych do elementów wykonawczych; do tej grupy zalicza się elektromagnesy i przekaźniki; elementy te umożliwiają uzyskanie żądanych zależności i zastosowanie samoczynności procesów zachodzących w urządzeniach;

c) wykonawcze, służące do wypełniania końcowych czynności wynikających ze schematów; do nich należą napędy zwrotnicowe i wykolejnicowe, semafory i tarcze, sprzęgła elektryczne, zastawki, powtarzacze (ramienia semafora i blokowe).

Wprowadzenie takiego podziału ułatwia projektowanie rozwiązań schematowych, a następnie ich czytanie i analizowanie, zwłaszcza gdy obwody są złożone i zawierają dużo przekaźników i styków. Rozpatrywanie tych schematów jako całości może sprawiać wiele kłopotów. Podział na podane grupy umożliwia rozbicie schematu na poszczególne obwody elektryczne i ustalenie istniejących między nimi zależności. Każdy z takich wydzielonych obwodów, jego elementy i styki spełniają określone zadania i funkcje, które powinien znać korzystający ze schematu.

Obwody elektryczne, z którymi spotykamy się w urządzeniach zrp, można podzielić ogólnie w zależności od liczby styków i przekaźników na obwody proste i złożone. Każdy z tych obwodów może pracować zależnie od normalnego stanu pracy przekaźnika na prąd roboczy lub ciągły, a w zależności od czasów pracy przekaźnika — bez zależności czasowych lub z zależnościami czasowymi.

4.1. Obwody proste i złożone

Obwód prosty zawiera zwykle jeden styk i jeden przekaźnik lub inny element, jak np. żarówkę, dzwonek. Do tych obwodów zaliczyć można obwody powtarzaczy przekaźników, stosowane jako sztuczny sposób zwiększania ilości styków przekaźnika głównego, obwody powtarzaczy blokowych, obwody lampek sygnalizacyjnych i dzwonków oraz inne. Na rysunku 2 podany jest przykład prostego obwodu powtarzacza przekaźnika przeciwwtórnego. Styk przekaźnika *PwFH* łączy lub przerywa obwód przekaźnika *1PPwFH*. Odpowiednio do tego kotwica przekaźnika powtarzającego jest przyciągnięta lub zwolniona. Styki powtarzacza są włączane do innych obwodów tak samo jak styki przekaźnika głównego. Zwykle jednak umieszcza się styki powtarzacza w obwodach mniej ważnych pod względem wymagań zabezpieczeniowych, jak np. w obwodach lampek sygnalizacyjnych. Jeżeli powtarzacz wchodzi w zależności zabezpieczeniowe, to przekaźnik ten jest tej samej klasy wykonania co przekaźnik główny. Jeżeli zaś steruje obwodami pomocniczymi, to wtedy ze względu na obniżenie kosztów urządzeń stosuje się przekaźniki niższych klas, np. przekaźniki telefoniczne.

W zabezpieczeniach mamy jednak do czynienia przeważnie z obwodami mniej lub więcej złożonymi, zależnie od postawionych warunków ruchowych i wymagań technicznych. Dąży się do osiągnięcia rozwiązania spełniającego zamierzony cel przy jak najmniejszych ilościach elementów obwodów (przekaźniki, styki itp.) i jak najprostszych obwodach. Każdy styk jest punktem w obwodzie, w którym mogą powstawać usterki, jak np. przerwy, a każdy dodatkowy przekaźnik zwiększa koszty urządzeń i eksploatacji.

Obwody złożone mogą mieć różne ilości styków przekaźników i innych elementów różnie z sobą połączonych. Istnieją więc na przykład:

a) obwody o stykach połączonych szeregowo;

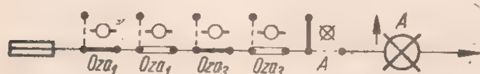
b) obwody o stykach połączonych równolegle;

c) obwody z jednym elementem pośredniczącym lub odbiorczym i wieloma stykami połączonymi szeregowo lub równolegle;

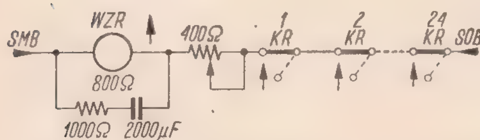
d) obwody z wieloma elementami pośredniczącymi lub odbiorczymi, które mogą być połączone szeregowo lub równolegle;

e) obwody z innymi elementami, jak np. przekaźniki z oddzielnym wykorzystaniem cewek, obwody z opornikami, kondensatorami, dławikami, prostownikami, lampami elektronowymi, tranzystorami itp.

Zwykle w jednym schemacie występują jednocześnie różne układy obwodów i ich kombinacje; na przykład w opisanym w podrozdziale 1 tego rozdziału obwodzie przekaźników sygnałowych semaforów wyjazdowych (rys. 17) możemy wyodrębnić różne układy. Wzbudzenie każdego z podanych przekaźników sygnałowych, np. *SF*, następuje w obwodzie z szeregowo włączonymi stykami *PwlFH*, *1PPwlFH*, *fh*, *Pufh*, *PoFH*, *FH*, *f*. Następnie przekaźnik *F* pozostaje czynny w obwodzie z własnym stykiem *SF*, przyłączonym równolegle do styków *PwlFH* i *1PPwlFH*. W tym obwodzie występują dwa elementy pośredniczące — przekaźniki sygnałowe *SF* i *SH*, które połączone są równolegle, a jednocześnie mają wspólną część obwodu. Tego rodzaju układy schematów są typowe dla urządzeń zrp.



Rys. 27. Obwód elektryczny zastawki zatrzaskowej dla przymusu zwrotu zgody ((urządzenia mechaniczne)



Rys. 28. Obwód przekaźnika rozprucia zwrotnic (urządzenia przekaźnikowe)

Przy szeregowym połączeniu styków przekaźnik może zadziałać tylko wtedy, gdy wszystkie styki w obwodzie zostaną zwarte, co oznacza, że muszą być spełnione jednocześnie wszystkie warunki powodujące zwarcie każdego styku. Na rysunkach 27 i 28 przedstawiono obwody z szeregowo działającymi stykami. Elektryczna zastawka zatrzaskowa (rys. 27) umieszczona jest nad klawiszem bloku dania nakazu. Zastępuje on blok przymusu zwrotu zgody (*Pzz*), który w urządzeniach mechanicznych uzyskuje się przez uzależnienie mechaniczne dzięki zastosowaniu zawórki przeciwwtórnej. Podany obwód elektromagnesu zastawki stwarza zależność między blokami otrzymania zgód i blokiem dania nakazu.

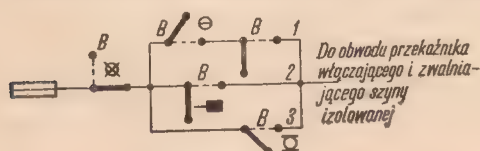
Spełnia on bardzo ważne wymaganie zabezpieczeniowe. Mianowicie zgoda może być wykorzystana tylko do jednorazowego dania nakazu na nastawienie na semaforze sygnału „Wolna droga". Po otrzymaniu zgody obwód zastawki zostaje przerwany stykiem ryglowym bloku *Oz*, jednocześnie zostaje zwolnione mechaniczne zamknięcie zawórki przebiegowej drążka przebiegowego, co umożliwia przełożenie tego drążka i zablokowanie bloku dania nakazu. Powtórne opuszczenie klawisza wraz z prętem zastawki będzie mogło nastąpić, gdy przedtem przepłynął przez zastawkę prąd powodujący jej zadziałanie, tj. po zablokowaniu bloku otrzymania zgody. Szeregowe połączenie styków bloków otrzymania zgody powoduje właściwe działanie zastawki, gdy wszystkie bloki *Oz* znajdują się w stanie zablokowanym. Styki przyciskowe uniemożliwiają zamknięcie obwodu zastawki przez naciśnięcie klawisza, zmuszając nastawniczego nie tylko do naciśnięcia klawisza bloku *Oz*, lecz i do zablokowania tego bloku. Własny styk *A* zastawki chroni przed stałym przepływem prądu przez elektromagnes i niepotrzebnym wyładowaniem się baterii akumulatorowej.

Na rysunku 28 podano drugi przykład, w którym stan czynny przekaźnika jest uzależniony od jednoczesnego pozostawania w stanie czynnym kontrolnych przekaźników zwrotnicowych *KR*. Obwód ten służy do optycznego i akustycznego sygnalizowania przerwy w obwodzie kontrolnym zwrotnic i stosowany jest w radzieckich schematach urządzeń przekaźnikowych. Przerwa w obwodzie może wystąpić również w razie rozprucia jednej ze zwrotnic. Przekaźnik *WZR* ma opóźnione zwalnianie kotwicy dla utrzymania jej w stanie przyciągniętym w czasie przestawiania zwrotnicy, gdy przekaźnik kontrolny jest nie wzbudzony i obwód przekaźnika *WZR* jest przerwany. Czas przestawiania zwrotnicy wynosi około 2,5 sek. Jeżeli przerwa w obwodzie trwa dłużej niż 2,5 sek., to kotwica przekaźnika *WZR* opada i włączony zostaje dzwonek, sygnalizujący nieprawidłowy stan w jednej ze zwrotnic grupy. Na tablicy świetlnej widoczne jest, która ze zwrotnic nie ma kontroli.

Przy równoległym połączeniu styków istnieje tyle możliwości zamknięcia obwodu dla elementu pośredniczącego lub odbiorczego, ile jest gałęzi równoległych. W każdej z gałęzi styk zostaje zwarty po spełnieniu odpowiedniego warunku (po wykonaniu określo-

nej czynności). Natomiast przekaźnik zadziała przy zwarciu styku chociażby w jednej z gałęzi. Zwieranie styków w poszczególnych gałęziach następuje w różnych czasach, a nie jednocześnie, jak w połączeniu szeregowym. W przedstawionym na rysunku 17 obwodzie przekaźników sygnałowych semaforów wyjazdowych styki *SF* i *SH* zamykają obwód swoich przekaźników po zwolnieniu kotwic przekaźników *PwlFH* i *1PPwlFH*.

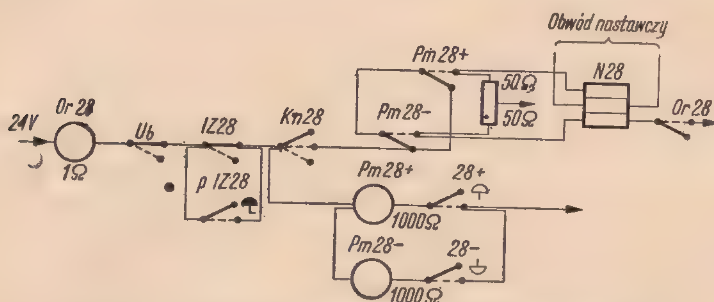
Innym przykładem równoległego połączenia styków jest obwód do zwalniania zastawki nad blokiem końcowym powszechnie stosowany w urządzeniach mechanicznych. Interesujący nas fragment tego obwodu przedstawiono na rysunku 29. Trzy gałęzie równoległe stwarzają trzy możliwe przypadki, w których przekaźniki mogą zadziałać. Zamknięcie obwodu przez własny styk przekaźnika włączającego w gałęzi *3* jest uzależnione od uprzedniego wzbudzenia przekaźnika włączającego w obwodzie przez gałąź *1* lub gałąź *2*. Przez układ przekaźników prąd przepływa zasadniczo przez gałąź *1* po przełożeniu dźwigni sygnałowej *B* (zwarcie styku *B*) i po nastawieniu na semaforze *B* sygnału „Wolna droga" (zwarcie styku *B* powtarzacza sygnału „Stój"). Po wjechaniu pierwszej osi pojazdu na przycisk szynowy działa przekaźnik włączający szyny izolowanej i swoim czynnym stykiem *B* w gałęzi *3* zapewnia zasilanie układu w razie przedwczesnego przełożenia dźwigni sygnałowej i przerwania obwodu *1*. Gałąź *2* jest wykorzystywana, gdy wskutek usterki dźwignia sygnałowa nie może być przekładana, a więc i obwód nie będzie mógł być zamknięty przez gałąź *1*. Wówczas włącznik zastawki swym stykiem *B* w gałęzi *2* umożliwia zamknięcie obwodu przekaźnika włączającego.



Rys. 29. Fragment obwodu do zwalniania zastawki nad blokiem końcowym

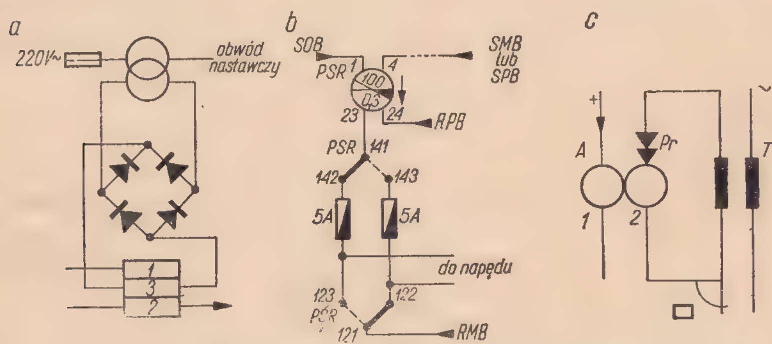
W obecnie u nas stosowanych urządzeniach zrp spotykamy zasadniczo obwody, w których wzbudzony jest w danym momencie jeden przekaźnik (np. rys. 2, 3, 6, 17 itd.) lub przekaźnik z innym elementem, na przykład przekaźnik z szeregowo włączoną żarówką lub przekaźnik z silnikiem napędu. Obwodów, w których jednocześnie pracuje kilka przekaźników połączonych w szereg,

jest w urządzeniach przekaźnikowych niewiele. Takie obwody występują jednak w innych urządzeniach, np. DUN i urządzeniach przekaźnikowych z sekcyjnym nastawianiem dróg przebiegu typu radzieckiego. W tym ostatnim przypadku rozwiązania schematowe systemu przewidują dla pewnych przekaźników szeregową ich



Rys. 30. Obwód sterowniczy napędu zwrotnicowego

pracę. Zależnie od tego, czy przebieg obejmuje mniej lub więcej sekcji, ilość przekaźników szeregowo połączonych jest mniejsza lub większa. Oporność przekaźników pracujących szeregowo jest mała, a prócz tego w szereg z nimi włącza się regulowany opor-



Rys. 31. Włączenie zwrotnicowego przekaźnika nastawczego
a — rozwiązanie stosowane na PKP, b — rozwiązanie radzieckie, c — rozwiązanie niemieckie

nik, umożliwiający ustalenie natężenia prądu zależnie od ilości połączonych szeregowo przekaźników.

Przykładem szeregowej pracy przekaźników (rys. 30) mogą być przekaźniki: ochronny, pomocniczy i nastawczy, występujące

w czteroprzewodowym układzie zwrotnicowym w urządzeniach przekaźnikowych stosowanych na PKP. Na rysunku 30 podano obwody tych przekaźników dla zwrotnicy nr *28*. Niskoomowy (*1* lub *4* Ω) przekaźnik ochronny *Or28*, połączony szeregowo z wysokoomowym przekaźnikiem pomocniczym *Pm28+* lub *Pm28—* (1000 Ω), nie przyciąga kotwicy, natomiast przekaźnik *Pm28+* przyciąga po naciśnięciu przycisku zwrotnicowego w położenie *28+*. Przekaźnik *Pm28—* przyciąga kotwicę po wyciągnięciu tego przycisku w położenie *28—*. W następnej fazie połączeń obwodu sterowniczego po zadziałaniu przekaźnika *Pm28+* lub *Pm28—* przekaźnik *Or28* połączony jest w szereg z opornikiem 50 Ω i przyciąga, włączając swym stykiem obwód, do jednej z cewek bocznych przekaźnika nastawczego *N28* o oporności 50 Ω. W tym obwodzie przekaźnik *N28* przyciąga swoją kotwicę.

Styk przekaźnika utwierdzenia przebiegu *Ub* dla przebiegu *B* wyłącza możliwość przestawienia zwrotnicy po utwierdzeniu przebiegu, w który ona wchodzi. Styk przekaźnika *IZ28* uniemożliwia przestawianie napędu po zajęciu przez pojazd odcinka izolowanego zwrotnicy *28*. W razie uszkodzenia izolacji odcinka izolowanego naciśnięcie plombowanego przycisku pomocniczego *pIZ28* umożliwia uruchomienie napędu.

Przekaźniki pracujące szeregowo z innymi elementami mają za zadanie kontrolować stan tych elementów. Na przykład w obwodach świateł semaforów świetlnych przekaźnik włączony szeregowo kontroluje świecenie się żarówki światła czerwonego, w obwodach nastawczych zwrotnicowych — zakończenie przestawiania napędu, a później przyleganie iglic. Kontrolę taką stosuje się w celu uzyskania dalszych potrzebnych zależności zabezpieczeniowych (np. w pierwszym przypadku włączenie sygnałów na tarczy ostrzegawczej) oraz uniknięcia sytuacji niebezpiecznych dla ruchu i zasygnalizowania obsłudze stanu urządzeń.

Na rysunku 31 przedstawiono trzy przypadki włączenia przekaźników nastawczych do obwodów zwrotnicowych urządzeń przekaźnikowych, stosowane przez różne zarządy kolejowe. Na rysunku tym, podobnie jak i na wszystkich dalszych, pozostawiono symbole, oznaczenia i opisy przyjęte przez dany zarząd kolejowy.

W urządzeniach przekaźnikowych na PKP stosuje się przekaźnik nastawczy *N* typu JRR trzyuzwojeniowy. Kotwica przekaźni-

ka jest przyciągana w położenie lewe lub prawe (rys. 31a), zależnie od tego, przez którą z cewek — *1* lub *2* — zostanie zamknięty obwód prądu stałego. Dwa położenia kotwicy przekaźnika są potrzebne, aby przez zmianę kierunku przepływu prądu uzyskać plusowe lub minusowe nastawienia napędu zwrotnicowego. W czasie przestawiania napędu kotwica przekaźnika *N* jest przytrzymywana uzwojeniem *3*, włączonym poprzez transformator i układ mostkowy prostowników do obwodu nastawczego. Po przestawieniu zwrotnicy obwód przekaźnika N zostaje przerwany stykami własnymi napędu i kotwica jego opada, włączając obwód kontrolny napędu.

Przedstawiony na rysunku 31b przekaźnik nastawczy *PSR* jest stosowany w radzieckim dwuprzewodowym obwodzie napędu zwrotnicowego. Przekaźnik *PSR* jest dwuuzwojeniowy, polaryzowany, tj. czuły na kierunek przepływu prądu. Przełożenie dźwigienki zwrotnicowej w położenie minusowe i naciśnięcie jej powoduje włączenie do zacisku *4* cewki 100 Ω przekaźnika *PSR*, bieguna minusowego *SMB* baterii, a przełożenie dźwigienki w położenie plusowe — bieguna plusowego *SPB*. Przy przestawianiu napędu przez cewkę niskoomową 0,3 Ω przekaźnika *PSR* przepływa prąd nastawczy z baterii akumulatorów 160 V w obwodzie:

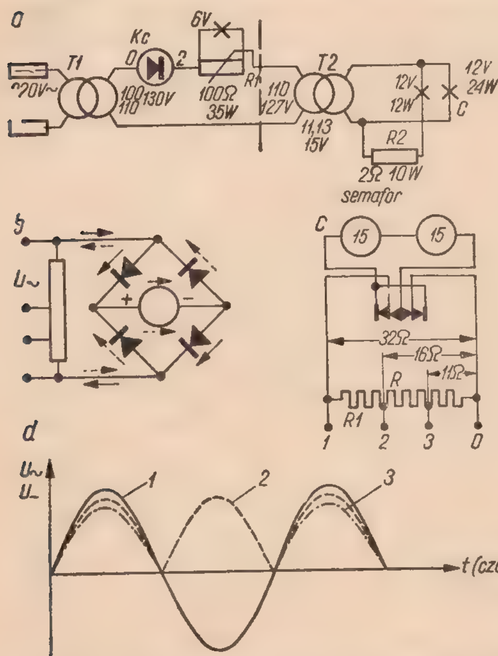
biegun *RPB*, uzwojenie 0,3 Ω przekaźnika *PSR* (zaciski cewki *23—24*), styk *141* przekaźnika polaryzowanego *PSR*, przełączany zależnie od kierunku przepływu prądu w cewce 100 Ω, bezpiecznik 5 A, napęd, styk *PSR* — *121*, biegun *RMB* baterii.

Po ukończeniu przestawiania zwrotnicy natężenie prądu w cewce 0,3 Ω zmniejsza się do 0,3—0,035 A i kotwica przekaźnika *PSR* opada. Włączony zostaje obwód kontrolny.

Rysunek 31c przedstawia dwuuzwojeniowy kontrolny przekaźnik nastawczy *A*, stosowany w niemieckich czteroprzewodowych obwodach napędów zwrotnicowych. Do przestawiania zwrotnicy wykorzystuje się prąd trójfazowy 380 V. Cewka *1* przekaźnika *A* włączona jest w obwód kontrolny zwrotnicy szeregowo z przekaźnikiem kontrolnym. Jednak przekaźnik *A* nie przyciąga kotwicy ze względu na niewystarczające natężenie prądu stałego w cewce *1*. Po przełożeniu przez nastawniczego przełącznika zwrotnicowego uzwojenie przekaźnika kontrolnego zostaje zwarte i kotwica

jego zwalnia. Natężenie prądu płynącego przez cewkę *1* wzrasta i przekaźnik *A* przyciąga kotwicę.

W czasie przestawiania zwrotnicy obwód cewki *1* zostaje przerwany, a kotwica przekaźnika *A* jest przytrzymywana prądem płynącym w cewce *2*, umieszczonej w obwodzie nastawczym prądu zmiennego. Przekaźnik *A* przyciąga kotwicę pod wpływem prądu stałego; dlatego jego cewka *2* włączona jest w obwód nastawczy prądu zmiennego przez prostownik *Pr* w układzie mostkowym. Zasilanie cewki *2* odbywa się za pomocą transformatora obniżającego *T*. Przy przestawianiu zwrotnicy, na wtórnym uzwojeniu transformatora *T* napięcie wynosi 12 V, natomiast po jej przestawieniu napięcie spada do 6,9 V. Jest to niewystarczające dla przytrzymania kotwicy przekaźnika *A* i przekaźnik ten zwalnia kotwicę.



Rys. 32. Fragmenty obwodów przekaźników kontrolnych świateł semaforów

a — rozwiązanie stosowane na PKP, *b* — schemat ideowy przekaźnika typu JRG na prąd zmienny, *c* — schemat montażowy przekaźnika typu JRG na prąd zmienny, *d* — przebiegi napięcia w mostkowym układzie prostowników

Na rysunkach 32 i 33 podano uproszczone fragmenty rozwiązań schematowych, w których przekaźnik kontroluje pracę obwodu światła sygnałowego semafora. Dla porównania różnych rozwiązań uwzględniłem kilka przypadków stosowanych przez inne zarządy kolejowe. W obwodach opuszczono niektóre styki i połączenia, gdyż celem rysunków jest uwypuklenie charakterystycznych cech obwodu i sposobów współpracy przekaźnika z żarówką lub z żarówkami światła sygnałowego. W obwodach zachowano oznaczenia i symbole, jakich używa dana kolej.

W przyjętych na PKP obwodach świateł (rys. 32a) żarówki sygnałowe zasilane są z sieci poprzez transformator oddzielający *T1* i transformator sygnałowy *T2*. Uprzednio każdy semafor świetlny miał transformator oddzielający, a przy semaforach wjazdowych i ich tarczach nawet dwa — jeden dla światła czerwonego (pomarańczowego — *To*), drugi dla światła zielonego. W dążeniu do upraszczania, w obecnie stosowanych obwodach transformator oddzielający pozostawiono jedynie w obwodach semafora wjazdowego i wyjazdowego dla światła czerwonego i światła białego sygnału zastępczego oraz tarcz ostrzegawczych semaforów wjazdowych. Obwody pozostałych świateł semaforów i tarcz zasilane są ze wspólnego transformatora grupowego.

Spadek napięcia, który uzyskuje się na nastawianym oporniku *R1*, wykorzystywany jest do zasilania prądem o odpowiedniej wartości natężenia żarówki 6 V, powtarzającej stan światła czerwonego semafora na pulpicie nastawczym lub na planie świetlnym. Prąd nie może być ani za mały ze względu na widoczność, ani większy od nominalnego, gdyż powoduje szybkie przepalenie włókna żarówki. Względy bezpieczeństwa wymagają, aby semafor wjazdowy nie pozostawał ciemny. Włączenie dodatkowej, rezerwowej żarówki 12 V i 12 W z opornikiem ograniczającym *R2* zapewnia stałość świecenia żarówki sygnału „Stój" w razie przepalenia się żarówki głównej 12 V 24 W.

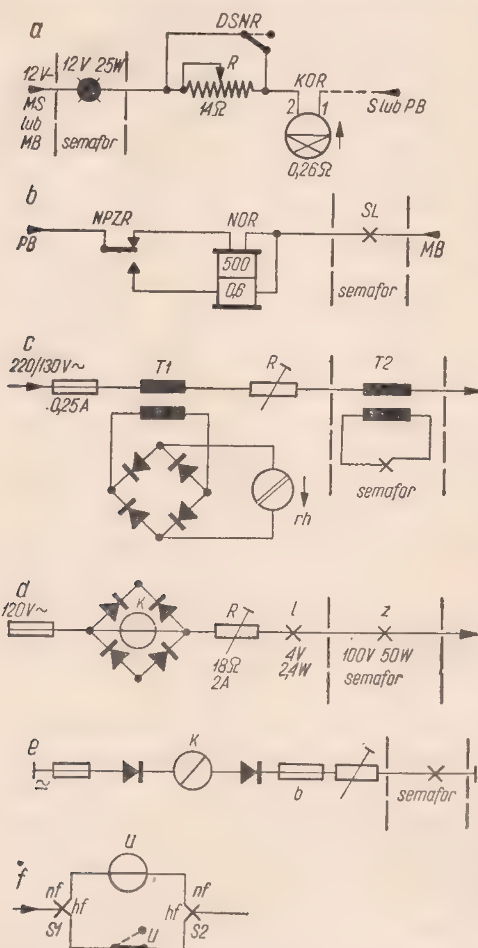
Przekaźnik kontrolny światła czerwonego *Kc*, stosowany w obwodzie semafora wjazdowego, jest typu JRG z układem prostownikowym. Oporność czynna każdej cewki przekaźnika wynosi 15 Ω. Szkic połączenia cewek przekaźnika z prostownikami podany jest na rysunku 32b i 32c.

Na rysunku 32b przedstawiono schemat ideowy, a na rysunku 32c schemat montażowy włączenia cewek przekaźnika do sieci prądu zmiennego poprzez mostkowy układ prostowników.

Na rysunku 32b pokazano strzałkami ciągłymi obieg prądu występujący w jednej połówce okresu, a strzałkami przerywanymi obieg prądu w drugiej połówce okresu. Prąd wyprostowany jest pulsujący dwupołówkowy.

Prąd zmienny przepływając przez cały opornik *R* (rys. 32c zaciski *0—1*) lub jego część (zaciski *0—2* lub *0—3*) wywołuje spadek napięcia, który ustala wielkość prądu przepływającego przez cew-

ki przekaźnika. W razie pobierania prądu o mniejszym natężeniu (np. zasilania jednego światła semafora) przestawia się opornik R na większą wartość (zaciski *0—1*), a w razie pobierania prądu o większym natężeniu (np. zasilania równolegle dwóch świateł semafora) włącza się mniejszą wartość opornika (zaciski *0—2*). W drugim przypadku prąd do cewek przekaźnika przepływa przez część opornika *R*, mianowicie przez część *R1*, połączoną szeregowo z przekaźnikiem. Opornik *R1* reguluje natężenie prądu w cewkach przekaźnika.



Rys. 33. Fragmenty obwodów przekaźników kontrolnych świateł sygnałowych

a — rozwiązanie radzieckie z przekaźnikiem typu uniwersalnego, *b* — rozwiązanie radzieckie z przekaźnikiem dwuuzwojeniowym, *c* — rozwiązanie niemieckie z transformatorami, *d* — rozwiązanie niemieckie bez transformatorów, *e* — rozwiązanie niemieckie z bezpiecznikiem przeciwzwarciowym, *f* — rozwiązanie niemieckie dla sygnalizacji przejazdowej

Układ mostkowy prostowników powoduje, że przez przekaźnik płynie prąd pulsujący o zmieniającej się wartości. Na rysunku 32d podany jest przebieg sinusoidy napięcia zmiennego *U* źródła zasilającego (krzywa *1*) oraz przybliżony przebieg napięcia wyprostowanego *U* na cewkach przekaźnika (krzywa *2*). Dla porównania wykreślono krzywą *3*, która podaje przybliżone zmiany napięcia, które występowałyby na zaciskach przekaźnika przy włączeniu go nie w układ mostkowy, lecz w szereg z prostownikiem. Widzimy, że przy takim połączeniu na przekaźniku występowała-

by tylko jedna — w naszym przykładzie górna — połówka sinusoidy napięcia zmiennego *U*. Przez przekaźnik płynąłby prąd pulsujący z przerwami półokresowymi. Natężenie jego byłoby mniejsze niż w układzie mostkowym.

Na rysunku 33 widoczne są fragmenty obwodów świateł stosowanych na kolejach radzieckich i niemieckich. Obwód czerwonego światła semafora wjazdowego (rys. 33a) zasilany jest prądem zmiennym 12 V bezpośrednio z szafy umieszczonej obok tego semafora (bieguny *MS* i *S*), a przy zaniku napięcia zmiennego — prądem stałym z baterii 12 V (bieguny *MB* i *PB*), umieszczonej w studzience bateryjnej ze względu na niską temperaturę (mrozy). Studzienka znajduje się obok semafora. Podobne zasilanie miejscowe ma sygnał zastępczy. Inne światła semafora wjazdowego oraz wszystkie światła semaforów wyjazdowych i tarcz manewrowych zasilane są prądem zmiennym z nastawni. Przekaźnik uniwersalny światła czerwonego *KOR* kontroluje stan żarówki. Przekaźnik tego typu może pracować w obwodzie prądu zmiennego i w obwodzie prądu stałego, podobnie jak i przekaźniki z prostownikami w układzie mostkowym. Oporność rzeczywista jego cewki jest mała i wynosi 0,26 Ω, aby jak najmniej obniżać napięcie na żarówkach semafora. Żarówka światła czerwonego, podobnie jak i sygnału zastępczego, ma dwa stany pracy — normalny i podwójnego obniżania napięcia w okresie nocnym. Normalny stan istnieje przy zwartym oporniku *R*, a stan obniżonego napięcia — po włączeniu opornika *R* w obwód żarówki. Włączenie opornika następuje po wzbudzeniu przekaźnika podwójnego obniżenia napięcia *DSNR*, którego styk w stanie biernym przekaźnika zwiera opornik nastawiany *R* zgodnie z rysunkiem 33a.

Na liniach kolei radzieckich z blokadą samoczynną stosuje się również semafory odstępowe w normalnym stanie zgaszone. Zapalają się one, wskazując sygnał zależnie od stanu odcinka chronionego, przy wjeździe pociągu na najbliższy odcinek położony przed semaforem. W takich przypadkach stan żarówki semafora projektorowego kontrolowany jest nieprzerwanie w obwodzie widocznym na rysunku 33b, zarówno wtedy, gdy żarówka jest zgaszona, jak i wtedy, gdy się świeci. Powstające w obwodzie żarówki jakiekolwiek bądź przerwy powodują zwolnienie przekaźnika *NOR* i ukazanie się na poprzednim semaforze światła czerwonego, gdy

semafor, w którego obwodzie powstała przerwa, miał wskazywać światło czerwone, lub światła żółtego, gdy semafor miał wskazywać światła żółtę lub zielone. Przekaźnik *NOR* ma dwa uzwojenia: wysokoomowe — 500 Ω — dostateczne do takiego obniżenia prądu w żarówce, że nie świeci, oraz niskoomowe — 0,6 Ω — włączane stykiem przekaźnika *NPZR* po wjeździe pociągu na odcinek zbliżania. Mała oporność tej cewki umożliwia wzrost prądu i świecenie się żarówki.

Na rysunkach 33c—f podane są różne sposoby włączania przekaźników kontrolnych do obwodów świateł, spotykane w rozwiązaniach niemieckich. W obwodzie widocznym na rysunku 33c przekaźnik kontrolny *rh* prądu stałego włączony jest do obwodu światła przez transformator *T1*. Przekaźnik ten włączony jest w układ mostkowy prostowników. Do regulacji napięcia na żarówce semafora, zależnie od długości przewodów zasilających żarówkę, służy opornik nastawiany *R*. W obwodzie przedstawionym na rysunku 33d przekaźnik kontrolny *K* włączony jest bezpośrednio do obwodu światła. Żarówka *l* sygnalizuje na nastawni stan żarówki światła zielonego *z*. Przedstawiony na rysunku 33e uproszczony obwód świateł zasilany jest normalnie napięciem zmiennym 60 V, a w razie zaniku napięcia zmiennego — napięciem stałym z baterii akumulatorowej 60 V. Czuły bezpiecznik *b* ma chronić przed zwarciami przewodów, które mogą wystąpić w semaforze. W takich przypadkach bezpiecznik *b* przepala się, powodując przerwę obwodu i zwolnienie kotwicy przekaźnika kontrolnego *K*. Żarówka sygnałowa jest na 12 V i 10/10 W lub 12 V i 20/20 W. W sygnalizacji przejazdowej obwód świateł sygnałów drogowych *S1* i *S2* (rys. 33f) zasilany jest z baterii akumulatorów, pracującej buforowo z prostownikiem. Żarówki są dwuwłóknowe. Normalnie włączone jest włókno główne *hf*. Po przepaleniu włókna *hf*, obwód przekaźnika kontrolnego *U* zostaje przerwany. Zwalnia on kotwicę i zamyka swym stykiem obwód włókien dodatkowych *nf*.

Do ochrony przekaźników w schematach zabezpieczeniowych służy wspólny bezpiecznik w celu wykorzystania tych samych styków w obwodach przekaźników, co umożliwia uniknąć stosowania powtarzaczy przekaźników. Przekaźniki sygnałowe urządzeń przekaźnikowych i suwakowych z sygnalizacją świetlną oraz elek-

tromagnesy przebiegowo-sygnałowe urządzeń suwakowych są przykładem wielokrotnego wykorzystywania tych samych styków. Te same styki kontrolnych przekaźników zwrotnicowych, przekaźników torowych odcinków izolowanych i utwierdzenia przebiegów mogą występować w różnych przebiegach. Umieszcza się je we wspólnej części obwodów zgrupowanych przekaźników. Obwody mają kształt rozgałęziającego się drzewa, którego gałęzie schodzą się razem do pnia wychodzącego z bezpiecznika. Obwody przekaźników sygnałowych semaforów wyjazdowych przedstawiają taki właśnie obraz.

Inny charakter mają przekaźniki połączone równolegle (przez bezpośrednie połączenie ich zacisków cewek), jak powtarzacze przekaźników utwierdzenia, widoczne na rysunku 8. Przekaźniki te pracują zawsze razem w tym samym obwodzie; stosuje się je gdy przekaźnik główny nie ma wymaganej ilości styków dla spełnienia potrzebnych zależności w obwodach elektrycznych. Podany przykład (rys. 8) jest drugim sposobem włączania powtarzaczy. Pierwszy polega na włączeniu obwodu powtarzacza przez styk przekaźnika głównego, zgodnie z rysunkiem 2.

Przeglądając schematy nieraz zetknęliśmy się w obwodach z innymi elementami, jak oporniki, kondensatory, prostowniki itp. W obwodach urządzeń mechanicznych i suwakowych elementy te występują rzadko, ale w urządzeniach elektrycznych są stosowane w szerokim zakresie. Stwarzają one bowiem możliwości nowych doskonalszych pod względem technicznym rozwiązań schematowych. Mogą one dawać korzyści ekonomiczne w postaci zmniejszenia ilości elementów, zmniejszenia wymiarów elementów i polepszenia sprawności.

W podrozdziale tym rola wspomnianych elementów będzie omówiona bez uwzględnienia ich wpływu na czasy działania przekaźników.

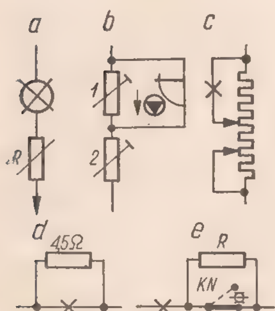
Oporniki, z którymi spotkaliśmy się w poprzednich obwodach, np. na rysunkach 32a, 32c, 33a, 33c, 33d mają ograniczyć wielkość prądu płynącego w obwodzie, umożliwić regulację napięcia lub uzyskanie potrzebnego spadku napięcia dla zasilania innego elementu, np. w obwodzie żarówki powtarzającej stan sygnału semafora (rys. 32a) lub w obwodzie przekaźnika kontrolnego (rys. 32c).

Ograniczenie prądu w obwodzie może być potrzebne z wielu powodów, do których głównie należą:

a. Ochrona elementu przed nadmiernym prądem, który może spowodować uszkodzenie elementu. Przypadek taki zachodzi, gdy napięcie znamionowe elementu jest mniejsze od napięcia źródła zasilającego.

b. Ochrona źródła zasilania przed zwarciem. W tym celu wprowadza się oporniki do odcinków izolowanych torowych i zwrotnicowych oraz szyn izolowanych.

c. Potrzeba regulacji prądu (napięcia) w obwodzie ze względu na prawidłową pracę elementów, np. w obwodach świateł sygnałowych (rys. 33c, 33d), w obwodach z przekaźnikami pracującymi szeregowo, w obwodach zasilania odcinka izolowanego itp.



Rys. 34. Różne przypadki wykorzystania oporników

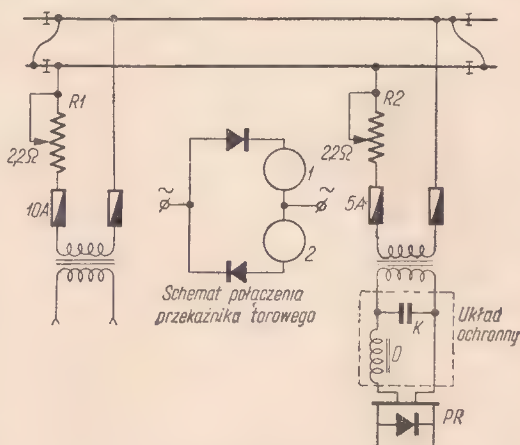
a — opornik ograniczający w obwodzie zastawki zatrzaskowej, *b* — oporniki ograniczający i zwarciowy w trzyprzekaźnikowym obwodzie szyny izolowanej, *c* — opornik lampki sygnalizacyjnej obwodu świateł semafora, *d* — obwód lampki kontrolnej z opornikiem zapewniającym ciągłość obwodu, *e* — obwód obniżenia napięcia na żarówce sygnalizacyjnej

d. Zmniejszenie pobierania prądu z baterii akumulatorów ze względów oszczędnościowych. Przypadek ten ma znaczenie przede wszystkim w razie stosowania przekaźników pozostających stale pod prądem przy jednoczesnym utrudnionym ładowaniu baterii z braku prądu zmiennego (np. na posterunkach odstępowych). Natężenie prądu potrzebne do wzbudzenia przekaźnika jest większe od natężenia do utrzymania go w stanie czynnym. Ten czynnik wykorzystywany jest przez włączenie w szereg z przekaźnikiem opornika po wzbudzeniu przekaźnika.

Na rysunku 34 podano kilka przykładów zastosowania oporników. Opornik *R* włączony szeregowo z elektromagnesem zastawki (rys. 34a) obniża prąd płynący przez cewkę elektromagnesu. W obwodzie szyny izolowanej z trzema przekaźnikami wykorzystuje się opornik 2 (rys. 34b) dla zmniejszenia prądu płynącego przez przekaźnik torowy szyny izolowanej. Natomiast w razie zajęcia szyny izolowanej przez pociąg oporniki *1* i *2* połączone są szeregowo i zmniejszają prąd zwarcia. Rysunek 34c podaje przypadek

wykorzystania spadku napięcia powstającego na oporniku do zasilania lampki kontrolnej .

Lampka, widoczna w obwodzie na rysunku 34d, kontroluje pewien stan działania, np. zwalnianie rygla elektromagnetycznego napędu zwrotnicowego. Dla zapewnienia ciągłości obwodu elektrycznego przy zwalnianiu rygla oraz w razie uszkodzenia żarówki kontrolnej została ona zbocznikowana opornikiem o małej oporności. Na rysunku 34e przedstawiono obwód lampki, w której natężenie światła jest zmieniane przez włączenie lub wyłączenie w jej obwód opornika R. Dokonuje tego styk kontrolnego przekaźnika napięcia *KN*. Przy włączonym oporniku *R* lampka świeci słabiej niż przy wyłączonym.



Rys. 35. Obwód torowy stacyjny dla linii z trakcją elektryczną

Dławiki i kondensatory stosowane są w obwodach w następujących celach:

a. Dla zmiany kąta przesunięcia fazowego między napięciem a prądem, np. kondensatory dla kompensacji prądu biernego dławików torowych w odcinkach izolowanych, dla uzyskania właściwego kąta fazowego prądu zmiennego płynącego przez przekaźnik torowy, dla polepszenia efektu bocznikowania odcinka izolowanego.

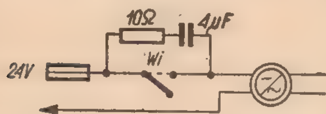
b. Dla uzyskania w obwodach rozdziału prądu stałego od prądu zmiennego w tych przypadkach, gdy w obwodzie płyną oba rodzaje prądów. Oporność dławika i kondensatora zmienia się z częstotliwością prądu. Dławik stanowi bardzo małą przeszkodę dla prądu stałego, natomiast kondensator, odwrotnie, praktycznie nie przepuszcza prądu stałego, lecz przepuszcza prąd zmienny i to w tym większym stopniu, im częstotliwość prądu jest większa.

Na rysunku 35 przedstawiony jest obwód torowy z opornikami, kondensatorem i dławikiem. Ten rodzaj obwodu dla długości od-

cinków torowych do 1100 m stosowany jest na kolei ZSRR na stacjach linii zelektryfikowanych prądem stałym. Jednotokowy odcinek jest zasilany prądem zmiennym. Odbiornikiem jest przekaźnik prądu stałego z prostownikami. Jak wynika ze schematu połączeń wewnętrznych przekaźnika, przez każdą z cewek przepływa jedna połówka prądu zmiennego. Opornik *R1* przy źródle zasilania i opornik *R2* przy odbiorniku służą do regulacji napięcia. Ponadto opornik *R1* chroni transformator zasilający zmniejszając prąd zwarcia.

Kondensator *K* i dławik *D* stanowią układ ochronny przekaźnika torowego przed prądami harmonicznymi prądu trakcyjnego. Prądy harmoniczne występują szczególnie silnie w razie zakłóceń lub zwarć na przewodach trakcyjnych. Mogą one zakłócać normalną pracę przekaźnika torowego. Dławik *D* znacznie ogranicza przepływ tych prądów przez prostownik, natomiast kondensator *K* stwarza dla nich obwód omijający przekaźnik. Przedstawiony układ zmniejsza również moc potrzebną do zasilania odcinka.

W razie uszkodzenia złącz izolowanych na przekaźniku torowym z prostownikami może wystąpić zwiększone napięcie ze źródła zasilania sąsiedniego odcinka torowego i spowodować uszkodzenie prostowników. Dla uniknięcia tej ewentualności umieszcza się przed przekaźnikiem blok ochronny złożony z opornika i dławika. Opornik połączony jest szeregowo, a dławik równolegle z przekaźnikiem torowym. Charakterystyka dławika jest taka, że przy wzroście napięcia obniża on swoją oporność, chroniąc prostowniki przekaźnika przed przebiciem.



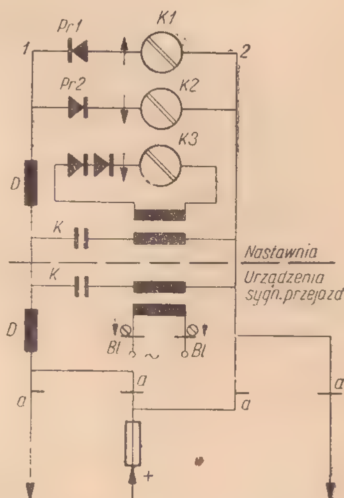
Rys. 36. Układ gasikowy

Kondensator wraz z szeregowo połączonym opornikiem spotykamy również jako układy gasikowe. Układ taki włączany jest zwykle równolegle do styku (rys. 36), który ze względu na wielkość przerywanego lub włączanego prądu z dużą częstotliwością zadziałań narażony jest na szybkie zniszczenie wskutek iskrzenia. Gasik ma zmniejszać powstawanie łuku na styku w razie przerywania prądu. Działanie gasika polega na przepuszczeniu prądu powstającego wskutek *sem* samoindukcji odbiorników. Prąd indukcyjny w zależności od obwodu może mieć charakter jednokie-

runkowy impulsu zasilającego lub drgań zanikających o stosunkowo niewielkiej częstotliwości.

Opornik włączony szeregowo z kondensatorem ogranicza prąd ładowania i wyładowania kondensatora. Prąd wyładowywania bowiem mógłby uzyskiwać niebezpieczne wartości przy przerywaniu obwodu, przekraczające dopuszczalną obciążalność styku i powodować jego stopniowe zniszczenie. Na rysunku 36 podany jest obwód uruchamiania przetwornicy induktorowej. Styk przekaźnika *Wi* włączenia przetwornicy chroniony jest gasikiem, gdyż narażony jest na zniszczenie wskutek przerywania i włączania znacznego prądu.

Następnym elementem, z którym mieliśmy możność spotkać się już w poprzednio rozpatrzonych obwodach, jest prostownik. Używa się go do włączania w obwód prądu zmiennego przekaźników neutralnych prądu stałego. Zalety prostowników, jak duża trwałość i sprawność, małe wymiary i stała gotowość do pracy, pozwoliły zastąpić przekaźniki na prąd zmienny przekaźnikami na prąd stały z układem prostowników. Oporność prostownika jest zależna od kierunku przepływu prądu. Oporność w kierunku nieprzepuszczania prądu jest 1000÷10000 razy większa niż w kierunku przepuszczania. Prostowniki stosowane są również w obwodach, w których występujące zmiany w kierunku przepływu prądu stałego nie powinny powodować zadziałania przekaźnika, zaświecenia żarówki itp.



Rys. 37. Obwód kontrolny na prąd stały ze zmianą kierunku prądu i na prąd zmienny

Na rysunku 37 widoczny jest obwód kontrolny, stosowany w urządzeniach przejazdowych na kolejach austriackich. Dla kontroli położenia rogatek wykorzystuje się prąd stały i prąd zmienny. Prądy te płyną wspólnie przez część obwodu. Dławiki *D* uniemożliwiają przechodzenie prądu zmiennego przez baterię akumulatorów, a kondensatory *K* uniemożliwiają przepływ prądu stałego

przez transformatory i chronią źródło prądu stałego przed zwarciem. Prąd zmienny zasila światła migające na nastawni oraz przekaźnik kontrolny *K3*, pracujący w prostownikowym układzie mostkowym. Przez zmianę kierunku przepływu prądu stałego i zastosowanie prostowników uzyskuje się dwa wskazania kontrolne.

Gdy do gałęzi *1* obwodu zostanie dołączony biegun dodatni baterii, wówczas obwód zamyka się przez prostownik *Pr2* i przekaźnik *K2*. Natomiast prostownik *Pr1* uniemożliwia wówczas przepływ prądu przez przekaźnik *K1*. Odwrotnie, gdy do gałęzi *2* zostanie przyłączony biegun dodatni, przekaźnik *K2* przechodzi w stan bierny, a *K1* w stan czynny. Podobnie jak przekaźniki *K1* i *K2*, mogą być włączane lampki sygnalizacyjne, z których każda będzie świecić osobno, zależnie od kierunku płynącego prądu.

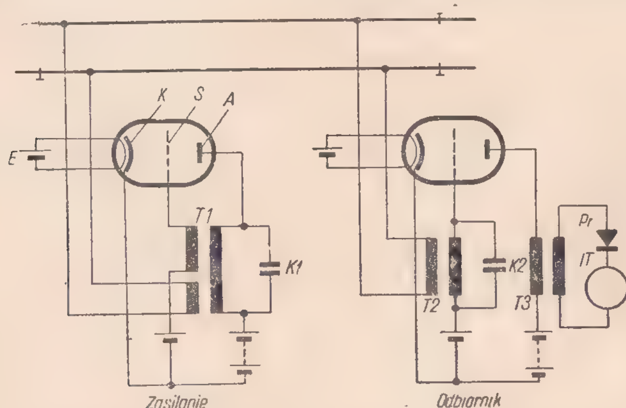
Występujące w urządzeniach zrp przekaźniki dwucewkowe mają najczęściej cewki łączone w szereg ze względu na jak najmniejsze pobieranie prądu. Jeżeli jednak zachodzi potrzeba zwiększenia siły przyciągania kotwicy przez przekaźnik, zmniejszenia jego czasu zadziałania lub w pewnych przypadkach, gdy oporność obwodu jest tak duża, że nie zapewnia pewnego działania przekaźników pracujących szeregowo, wówczas cewki łączone są równolegle.

Jak już widzieliśmy z rozpatrzonych przykładów, układ dwucewkowy umożliwia wykorzystanie przekaźnika w różnych obwodach (rys. 31) lub w tym samym obwodzie przy spełnianiu różnych warunków pracy (rys. 33b). Każda z cewek może mieć inne oporności i powodować różne czasy działania przekaźnika; na przykład dla przyspieszenia zadziałania przekaźnik przyciąga kotwicę przez cewkę o oporności mniejszej, natomiast przytrzymuje kotwicę cewką o oporności większej ze względu na zmniejszenie rozchodu prądu. A oto dalsze przykłady wykorzystania cewek przekaźników: przekaźnik przyciąga kotwicę od jednej cewki po uruchomieniu zwrotnego przełącznika przyciskowego, a przytrzymuje się własnym stykiem przez drugą cewkę; dla opóźnienia zwalniania przekaźnika jedna z cewek zostaje zwarta itp.

W obwodach elektrycznych urządzeń zrp są stosowane, co prawda dotychczas w niewielkim zakresie, lampy elektronowe, a ostatnio elementy półprzewodnikowe. Można je spotkać w urządzeniach samoczynnego hamowania typu punktowego i w obwodach

torowych. W urządzeniach samoczynnego hamowania wykorzystywane są na lokomotywach jako źródła prądu zmiennego — generatory lampowe zamiast generatorów maszynowych, dostarczające prądu o częstotliwości wymaganej przez urządzenia, np. 1000 Hz i 500 Hz. Takie częstotliwości bowiem są często używane w obwodach sygnalizacji do przekazywania stanu sygnałów semaforów na lokomotywę. Lampy elektronowe wchodzą też do innego członu tych urządzeń na lokomotywie, mianowicie wzmacniacza.

Odcinki izolowane na liniach z trakcją elektryczną prądu zmiennego $16^{2}/_{3}$ Hz lub 50 Hz wymagają zasilania częstotliwością inną,



Rys. 38. Obwód torowy z lampami elektronowymi; połączenia uproszczone

niż używa trakcja. Musi to być częstotliwość nie powodująca zakłóceń w pracy przekaźników torowych. Takie zakłócenia mogą powodować prądy obce lub prądy harmoniczne prądu trakcyjnego (prądy harmoniczne są to prądy o częstotliwości stanowiącej wielokrotność częstotliwości podstawowej; np. drugą harmoniczną dla prądu podstawowego 50 Hz jest 100 Hz, a trzecią harmoniczną $3 \cdot 50 = 150$ Hz itd.). Lampa elektronowa może być użyta jako generator do wytworzenia z normalnej sieci prądu zmiennego prądów o częstotliwości potrzebnej do zasilania odcinków oraz do wzmacniania tego prądu przy odbiorze. Prócz wytwarzania przez lampę żądanej częstotliwości dalszymi jej zaletami jest bardzo mały stopień pobierania energii przez odcinek oraz praca układów lampowych bez bezwładności, gdyż nie mają one części ruchomych.

Takie obwody zostały zastosowane z dobrym skutkiem na kolejach francuskich. Obwód z lampami elektronowymi, zainstalowany na odcinku Aix-les-Bains — Annecy, przedstawiony został w uproszczonej postaci na rysunku 38. Wykorzystano lampy elektronowe — triody — zarówno do zasilania (generator), jak i do odbioru (wzmacniacz). Katoda *K* triody żarzona jest bezpośrednio prądem stałym z akumulatora *E*. Siatka *S* sprzężona jest zwrotnie z anodowym obwodem drgającym, złożonym z uzwojenia transformatora *T1* i połączonego z nim równolegle kondensatora *K1*. Prąd zmienny anodowego obwodu drgającego o częstotliwości 1000 Hz zasila odcinek izolowany przez torowe uzwojenie transformatora *T1*. Częstotliwość zależy od elektrycznych właściwości obwodu drgającego. Na drugim końcu odcinka prąd torowy przez transformator *T2* dostaje się na siatkę triody, która pracuje jako wzmacniacz. Do siatki dołączony jest obwód złożony z uzwojenia wtórnego transformatora *T2* i kondensatora *K2*. Spełnia on rolę filtru, który przepuszcza tylko prąd o częstotliwości zasilającej odcinek torowy. Przekaźnik torowy *IT* zasilany jest przez transformator *T3* i prostownik *Pr* z obwodu anodowego.

4.2. Obwody na prąd roboczy i ciągły

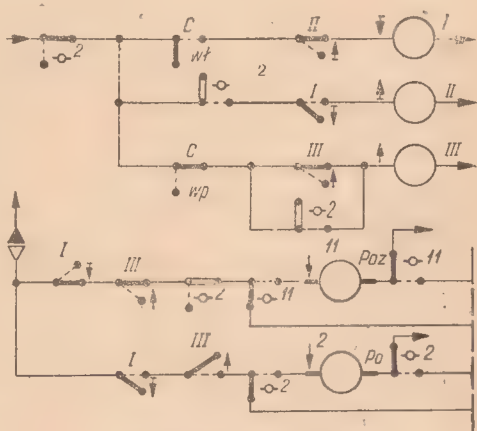
Schematy zrp przewidują stosowanie zarówno obwodów na prąd roboczy, jak i na prąd ciągły. W obwodzie na prąd roboczy prąd płynie przez przekaźnik w pewnych okresach, a zasadniczym jego stanem jest stan bierny. Natomiast w obwodach na prąd ciągły zasadniczym stanem przekaźnika jest stan czynny (przekaźnik stale wzbudzony). Przykładem obwodu roboczego jest obwód przekaźnika sygnałowego, podany na rysunku 17, a przykładem obwodu na prąd ciągły jest obwód powtarzacza przekaźnika przeciwwtórnego, podany na rysunku 2. Obwody, których zadaniem jest nieprzerwana kontrola prawidłowego stanu lub działania urządzenia, np. obwód kontrolny zwrotnicowy i obwód kontroli działania urządzeń sygnalizacji przejazdowej, pracują na prąd ciągły. Wszelkie usterki w urządzeniach i nieprawidłowy ich stan powodują przerwanie prądu w obwodzie i zwolnienie kotwicy przekaźnika kontrolnego. Występuje wówczas zwykle sygnalizowanie niewłaściwego stanu urządzenia, a jednocześnie wyłączona zostaje

elektrycznie możliwość normalnego korzystania z urządzeń i następuje stan awaryjny. Obwód na prąd ciągły kontroluje również swój własny stan. Pęknięcie przewodu lub przerwa obwodu w stykach powoduje utratę kontroli i potrzebę usunięcia uszkodzenia.

Warunki techniczne urządzeń zrp wymagają, aby niektóre obwody, powodujące zamknięcia i wyłączenia innych obwodów, pracowały na prąd ciągły. Do takich obwodów wyłączających należy np. obwód przekaźnika przeciwwtórnego i obwód przekaźnika utwierdzenia w urządzeniach przekaźnikowych.

Wszystkie pozostałe obwody, które odbierają i przekazują nakazy, kontrolują zależności i usuwają zamknięcia, są obwodami na prąd roboczy.

Jako przykład pracy przekaźników na prąd ciągły podano na rysunku 39 układ elektrycznego zamknięcia bloku pozwolenia, który jest stosowany na kolejach niemieckich przy wprowadzeniu czasowego ruchu dwukierunkowego na jednym z torów linii dwutorowej, np. w czasie przebudowy torów. Blok pozwolenia umieszczony zostaje w dodatkowej skrzynce razem z przekaźnikami z mechanicznym podtrzymaniem *I* i *II* oraz z przekaźnikiem *III*. Przekaźniki te tworzą obwód zamknięcia pozwolenia, tzn. po wyprawieniu pociągu pozwolenie na jazdę w kierunku przeciwnym może być dane po zwolnieniu odcinka przez wyprawiony pociąg. Działanie przekaźników przebiega w sposób następujący:



Rys. 39. Elektryczne zamknięcie bloku pozwolenia

1. Na semaforze wyjazdowym nastawiono sygnał „Wolna droga”. Przy przekładaniu dźwigni sygnałowej C zostaje zwarty styk wcześnie łączący *wł* i przekaźnik *I* przyciąga kotwicę, powodując zwolnienie kotwicy przekaźnika *II*, który współpracuje z przekaźnikiem *I* przez mechaniczne podtrzymanie kotwic. Obwód prze-

kaźnika *III*, który w zasadniczym stanie ma kotwicę przyciągniętą, zostaje przerwany stykiem wcześnie przerywającym *wp* dźwigni sygnałowej *C*. Przekaźnik *III* pozbawiony prądu zwalnia swoją kotwicę. Styki przekaźników *I* i *III* w podanym stanie przerywają obwód bloku pozwolenia i pozwolenie nie może być zwrócone. Natomiast włączają obwód dla bloku początkowego.

2. Na semaforze wyjazdowym zostaje nastawiony sygnał „Stój" przez cofnięcie dźwigni sygnałowej.

Stan przekaźników nie ulega zmianie.

3. Blokowanie bloku początkowego. Po naciśnięciu klawisza bloku styk przyciskowy *Po* uniemożliwia zmianę w dotychczasowych stanach przekaźników. Dopiero po zablokowaniu i puszczeniu klawisza przekaźniki wracają do stanu zasadniczego. Zwrot pozwolenia nie może nadal nastąpić, gdyż obwód bloku *Poz* zostaje przerwany stykiem ryglowym bloku *Po*. Dopiero odblokowanie bloku *Po* umożliwia dokonanie zablokowania bloku *Poz*. W obwodach przekaźników należy zwracać uwagę na właściwe wyregulowanie styków przyciskowych i ryglowych bloku *Po*, tak aby przy naciskaniu klawisza najpierw styk przyciskowy przerwał obwód, a następnie styk ryglowy zamknął obwód. W przeciwnym razie przekaźnik *II* może zadziałać pod wpływem krótkotrwałego impulsu przy naciskaniu klawisza i wystąpi usterka w obwodzie bloku *Po* (nie będzie go można zablokować).

4.3. Obwody z zależnościami czasowymi

Przekaźniki mają określone parametry, do których należą, prócz mocy potrzebnej do pracy i dopuszczalnego obciążenia styków, również czasy zadziałania i zwalniania.

Przy włączaniu lub wyłączaniu prądu stałego powstają w obwodzie przejściowe stany elektryczne. Wzrost prądu następuje szybko. Odpowiednio do wzrostu prądu narasta też strumień magnetyczny. Po przerwaniu obwodu prąd przestaje płynąć prawie od razu, ale strumień magnetyczny, który powoduje przytrzymanie kotwicy w stanie przyciągniętym, zmniejsza swą wartość stopniowo do wartości strumienia szczątkowego.

Wynika stąd, że od momentu włączenia prądu do chwili zadziałania przekaźnika upływa pewien czas, zwany czasem przycią-

gania. W razie przerwy w obwodzie kotwica opada również po pewnym czasie, zwanym czasem zwalniania.

Wartość ustalona prądu zależy od oporności obwodu. Większe oporności powodują zmniejszenie wartości ustalonej prądu i wydłużają czas zadziałania, a skracają czas zwalniania przekaźnika.

Czas działania przekaźnika liczy się od chwili włączenia obwodu do źródła prądu do chwili zwarcia styków czynnych przy przyciąganiu i od chwili odłączenia obwodu od źródła prądu do chwili zwarcia styków biernych przy zwalnianiu.

Zależnie od czasów działania przekaźniki mogą być:

a) o normalnym czasie działania, stosowane w większości obwodów elektrycznych urządzeń zrp;

b) o skróconym czasie działania;

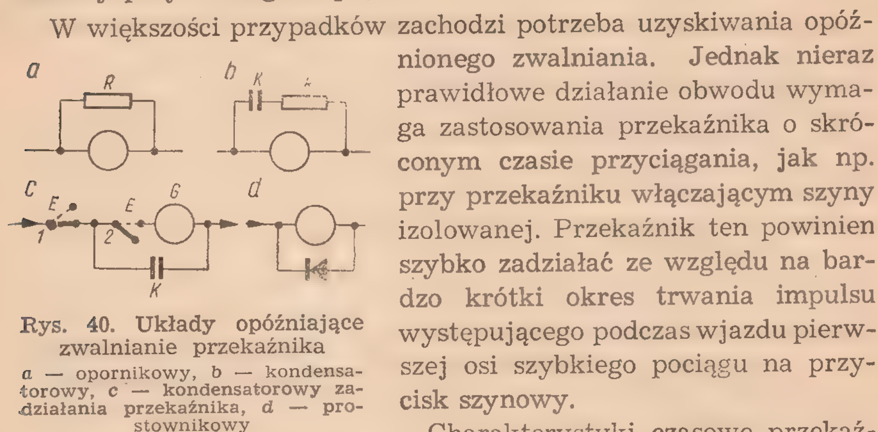
c) o przedłużonym czasie działania (przyciąganie lub zwalnianie z opóźnieniem).

W bardzo niewielkiej ilości obwodów stosowanych u nas urządzeń stacyjnych stawiane są wymagania czasowe. W większości obwodów ani czasy działania, ani czasy zwalniania nie decydują o prawidłowej pracy urządzeń. Natomiast w urządzeniach przekaźnikowych z samoczynnym nastawianiem przebiegów, DUN i sygnalizacji przejazdowej szeroko korzysta się z zależności czasowych w obwodach.

Tuleje i pierścienie miedziane wpływają opóźniająco zarówno na przyciąganie, jak i na zwalnianie kotwicy przekaźnika. Nie zawsze jest to potrzebne. W praktyce zwykle wymagane jest bądź opóźnione zwalnianie, bądź opóźnione przyciąganie. Tuleja miedziana jest zwartym zwojem, w którym indukuje się siła elektromotoryczna (*sem*), wywołana zmianą prądu w uzwojeniu głównym przekaźnika przy włączaniu lub wyłączaniu prądu w obwodzie. *Sem* powoduje przepływ prądu w uzwojeniu zwartym i wytworzenie dodatkowego strumienia magnetycznego, który przeciwdziała zmianom strumienia głównego przekaźnika. Przy włączaniu prądu strumień dodatkowy przeciwdziała narastaniu strumienia głównego, wskutek czego kotwica jest przyciągana z opóźnieniem. Przy wyłączaniu prądu, przeciwnie, strumień wytworzony przez prąd w tulei podtrzymuje zanikający strumień główny i kotwica zostaje zwolniona z opóźnieniem.

Nie zawsze jednak czasy działania przekaźników z tulejami, pierścieniami i zwojami zwartymi są wystarczające do spełnienia zależności czasowych, których wymaga praca obwodów. Stosuje się wówczas specjalne układy, które wpływają na czynniki określające stałą czasu obwodu i umożliwiają w szerokich granicach zmianę czasu przyciągania i zwalniania kotwic przekaźników. Również czasy te mogą być zmieniane w pewnych granicach przez zmiany przyłożonego napięcia.

W większości przypadków zachodzi potrzeba uzyskiwania opóźnionego zwalniania. Jednak nieraz prawidłowe działanie obwodu wymaga zastosowania przekaźnika o skróconym czasie przyciągania, jak np. przy przekaźniku włączającym szyny izolowanej. Przekaźnik ten powinien szybko zadziałać ze względu na bardzo krótki okres trwania impulsu występującego podczas wjazdu pierwszej osi szybkiego pociągu na przycisk szynowy.



Rys. 40. Układy opóźniające zwalnianie przekaźnika
a — opornikowy, b — kondensatorowy, c — kondensatorowy zadziałania przekaźnika, d — prostownikowy

Charakterystyki czasowe przekaźnika można zmieniać przez połączenie z nim szeregowo lub równolegle oporności czynnych, biernych lub prostowników.

Opóźnione zwalnianie kotwicy przekaźnika uzyskuje się przez przyłączenie równolegle do jego cewek opornika, kondensatora lub prostownika.

Przy równoległym włączeniu opornika R (rys. 40a) po przerwaniu obwodu powstaje w cewkach prąd wywołany *sem* samoindukcji. Prąd zamyka się przez opornik i wywołuje dodatkowy strumień magnetyczny o kierunku zgodnym z zanikającym strumieniem głównym, wpływając hamująco na jego zmniejszenie się. W wyniku kotwica opada z pewnym opóźnieniem. Jeżeli przez przekaźnik płynie prąd, to wówczas i przez opornik płynie prąd, powodując bezużyteczną stratę energii. Z tego powodu ten sposób opóźniania stosuje się w krótkotrwałych okresach pozostawania przekaźnika w stanie czynnym, gdy mamy uzyskać niezbyt duży czas zwalniania, a nie można użyć przekaźnika z tuleją ze względu

na zachowanie wymaganego normalnego czasu przyciągania kotwicy.

Kondensator włączony równolegle do cewek przekaźnika (rys. 40b) umożliwia uzyskanie znacznych czasów zwalniania. Ten sposób jest często stosowany w schematach elektrycznych. Kondensator po włączeniu napięcia ładuje się ładunkiem elektrycznym. Po przerwaniu obwodu przekaźnika kondensator rozładowuje się przez uzwojenie przekaźnika, powodując dodatkowy prąd o kierunku przepływu zgodnym z poprzednio istniejącym prądem. Powstaje dodatkowy strumień magnetyczny, który podtrzymuje przez pewien okres zanikający strumień główny. W ten sposób przekaźnik zwalnia swą kotwicę z opóźnieniem. Czas opóźnienia zależy od pojemności kondensatora i oporności obwodu rozładowania. Dla uzyskania znacznych opóźnień należy stosować kondensatory rzędu setek i tysięcy mikrofaradów, zwłaszcza w razie użycia przekaźników o małej oporności. Opornik *R* o małej wartości, ograniczający prąd ładowania kondensatora, nie zawsze jest stosowany.

Naładowany kondensator może spowodować przepływ prądu o natężeniu dostatecznym do zadziałania przekaźnika. Takie układy spotykane są w sygnalizacji przejazdowej w celu uzyskania pracy przekaźnika przez krótki okres czasu. Przy odpowiednim doborze kondensatora uzyskuje się czasy działania wynoszące nawet 120 s. Na rysunku 40c przekaźnik *G* będzie wzbudzony prądem spowodowanym ładunkiem elektrycznym kondensatora *K*, pozostającego normalnie w stanie naładowanym. Po zadziałaniu przekaźnika *E* styk *E1* odłącza kondensator od baterii, a styk *E2* włącza go do obwodu przekaźnika *G*. Kondensator rozładowuje się przez przekaźnik *G* i powoduje jego zadziałanie.

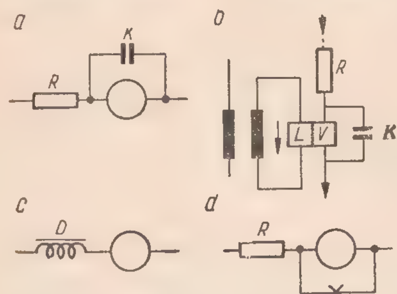
Spotyka się również obwody z prostownikiem (rys. 40d), którego opóźniające działanie na zwalnianie kotwicy podobne jest do działania opornika włączonego równolegle do cewek przekaźnika (rys. 40a). Duża oporność prostownika w kierunku przepływającego w obwodzie prądu powoduje małą stratę energii elektrycznej, natomiast mała oporność (około 1 Ω) dla prądu samoindukcji cewek podwyższa jego natężenie. Umożliwia to uzyskiwanie znacznych czasów zwalniania przekaźnika.

Opóźnienie przyciągania jest trudniej spowodować niż opóź-

nienie zwalniania. Trudności te wzrastają z żądaniami uzyskania większych czasów opóźnienia.

Układ z równolegle włączonym do przekaźnika kondensatorem *K* i szeregowo włączonym opornikiem *R* w obwodzie głównym (rys. 41a) pozwala uzyskiwać opóźnienia przyciągania w początkowej fazie przepływu prądu.

Po zamknięciu obwodu do momentu naładowania kondensator wywiera bocznikujący wpływ na przekaźnik, opóźniając narastanie prądu w jego uzwojeniach. Kotwica zostaje przyciągnięta z opóźnieniem. Układ ten, jako opóźniający zwalnianie kotwicy przekaźnika, nie może być stosowany w obwodach, które wymagają normalnych czasów zwalniania.



Rys. 41. Układy opóźniające zadziałanie przekaźnika

a — kondensatorowo-opornikowy, *b* — zwrotnicowy przekaźnik zwalniania z układem opóźniającym, *c* — dławikowy, *d* — żarówkowy

Podany na rysunku 41b układ jest stosowany w praktyce dla przekaźnika zwalniania w obwodach zwrotnicowych na kolejach niemieckich. Po włączeniu obwodu kondensator *K*, bocznikujący cewkę *V*, ładuje się wolno przez opornik *R*, powodując opóźnienie zadziałania przekaźnika zwalniania *LV*. Wskutek tego prąd zwrotnicowy nastawczy zostanie odłączony przez przyciągający z opóźnieniem przekaźnik *LV*, gdy mechaniczne przeszkody uniemożliwiają przestawienie zwrotnicy w normalnym czasie przestawiania.

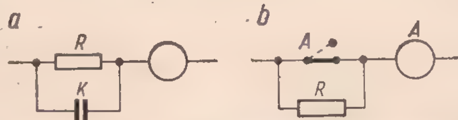
Układ z szeregowo włączonym dławikiem D (rys. 41c) ma zwiększoną stałą czasu. Zmniejsza się szybkość narastania prądu, a wskutek tego i strumienia magnetycznego. Czas zadziałania przekaźnika wydłuża się.

Żarówka z włóknem metalowym, włączona równolegle do cewek przekaźnika (rys. 41d), powoduje opóźnienie jego działania. W stanie zimnym oporność żarówki jest wielokrotnie niższa niż w stanie świecenia. Po zamknięciu obwodu prąd płynie początkowo głównie przez żarówkę. W miarę nagrzewania rośnie jej oporność, a więc i napięcie przykładane do cewek przekaźnika. Gdy oporność jej

osiągnie dostateczną wartość, przekaźnik zadziała. Sposób ten pozwala uzyskiwać czasy opóźnień do 1 sek. i więcej.

Dla uzyskania znacznego opóźnienia przyciągania stosuje się obwód z powtarzaczem pracującym z opóźnionym zwalnianiem, włączając jego styki do obwodów, w których wymagane jest opóźnienie przyciągania.

Przyśpieszenie zadziałania przekaźnika uzyskuje się w układach podanych na rysunkach 42a i 42b. Działanie układu składającego się z opornika *R* z równolegle przyłączonym kondensatorem *K* polega na znacznym chwilowym przeciążeniu przekaźnika większym prądem bez obawy uszkodzenia jego uzwojenia, a tym samym skrócenia czasu przyciągania.



Rys. 42. Układy przyspieszające zadziałanie przekaźnika
a — kondensatorowo-opornikowy, *b* — z własnym stykiem przekaźnika

Pojemność kondensatora *K* musi być dostatecznie duża, aby można było uzyskać znaczną chwilową wartość natężenia prądu, przyspieszającą zadziałanie przekaźnika.

Układ na rysunku 42a jest nam znany, gdyż stosuje się go dla przyspieszania zadziałania przekaźnika włączającego w obwodzie szyny izolowanej z przyciskiem szynowym.

W układzie z własnym stykiem (rys. 42b) przekaźnik *A* przyciąga kotwicę z pominięciem opornika *R*, a po wzbudzeniu przerywa stykiem *A* swój obwód zadziałania i zasilany jest w obwodzie z opornikiem *R*. Takie połączenie powoduje początkowo przepływ prądu przez przekaźnik o dużym natężeniu, znacznie przekraczającym dopuszczalną wartość. Jest to przeciążenie chwilowe. Po zadziałaniu dzięki włączeniu opornika *R* prąd maleje do wartości dopuszczalnej. Aby umożliwić zadziałanie przekaźnika w razie powstania ewentualnych przerw w styku i aby uniknąć drgań kotwicy, dobiera się odpowiednią wartość opornika *R*.

4.4. Pomocnicze metody analizowania schematów

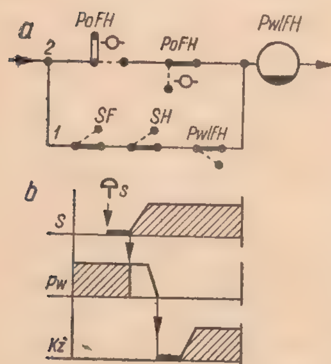
Czytanie i analizowanie działania schematu wymaga wysiłku tym większego, im obwody zawierają więcej styków i przekaźników. Trudności jeszcze bardziej wzrastają, gdy w schematach występują zależności czasowe.

Najpowszechniej stosowany sposób czytania schematów w kolejności, w której postępuje ich praca, nie zawsze pozwala na dokładne przeanalizowanie schematu. Wiele zjawisk w urządzeniu następuje jednocześnie, natomiast analizowanie wykonuje się kolejno, wskutek czego traci się przejrzystość pracy. Istnieją różne metody analizowania schematów: obwodów uproszczonych, tablicowe, analityczne, wykresów czasowych i symbolicznego zapisywania.

Przy zależnościach czasowych najlepiej jest przedstawić działanie współpracujących obwodów za pomocą wykresów czasowych. Dają one pogląd na powiązanie w czasie pracy poszczególnych obwodów i ułatwiają zrozumienie celu wprowadzonych opóźnień w obwodach.



Rys 43. Wykres czasowy pracy przekaźnika



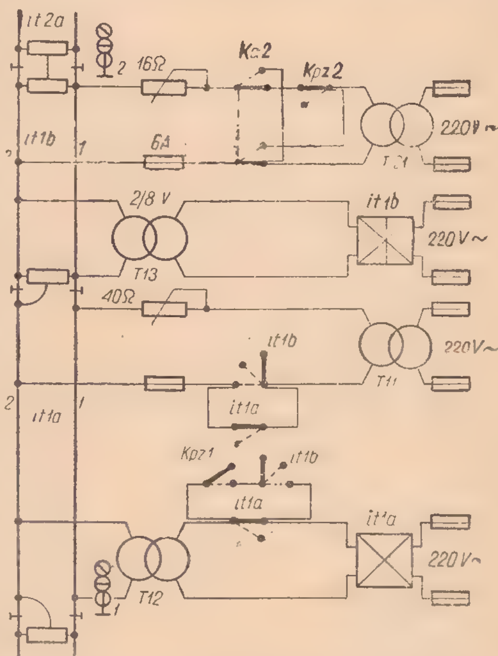
Rys. 44. Obwód przekaźnika przeciwwtórnego dla urządzeń mechanicznych z sygnalizacją świetlną

a — schemat, b — wykres czasowy pracy przekaźników

Wykresy czasowe polegają na przedstawieniu na osi czasu (rys. 43) za pomocą linii poziomych i ukośnych okresów pracy przekaźników z zaznaczeniem momentu t_1 włączenia prądu do obwodu przekaźnika, t_2 — rozwarcia styków biernych, t_3 — zwarcia styków czynnych. Na krzywej oznacza się też czas t_4 przerwania zasilania cewek przekaźnika, t_5 — rozwarcia styków czynnych i t_6 — zwarcia styków biernych. Na rysunku 43 podano przykładowo wykres czasowy. Zaznaczono na nim charakterystyczne punkty pracy przekaźnika. Obszar zakreskowany oznacza okres znajdowania się przekaźnika w stanie czynnym lub przechodzenia w stan czynny, a obszar nie zakreskowany — przekaźnik bez prądu i przechodzenie w stan bierny.

Na rysunku 44a przedstawiony jest obwód liniowego przekaźnika przeciwwtórnego, który w urządzeniach mechanicznych z sygnalizacją świetlną po wyprawieniu pociągu zmusza nastawniczego do zablokowania bloku początkowego. Przekaźnik pracuje normal-

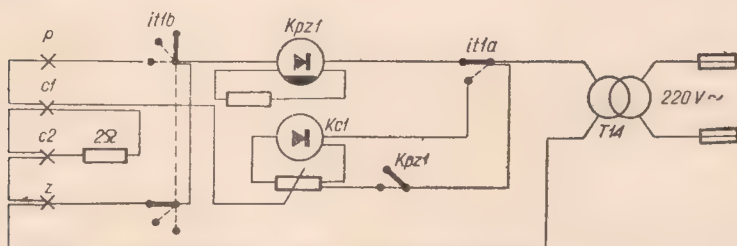
nie na prąd ciągły. Po nastawieniu sygnału „Wolna droga" na jednym z semaforów wyjazdowych (np. *SF*) obwód *1* przekaźnika *Pwl* zostaje przerwany, przekaźnik zwalnia swoją kotwicę i stykiem *Pwl* przerywa powtórnie obwód *1*, tak że dla jego wzbudzenia prąd może płynąć tylko w obwodzie *2*. Obwód *2* zostaje zamknięty stykiem ryglowym bloku początkowego *PoFH* po jego zablokowaniu. Po zadziałaniu przekaźnika *Pwl* w obwodzie *2* zasilany jest on przez własny styk *PwlFH* w obwodzie *1* i przez styki bierne przekaźników sygnałowych *SF* i *SH*, gdyż obwód *2* zostaje przerwany stykiem ryglowym po odblokowaniu bloku początkowego przez sąsiedni posterunek ruchu. Na wykresie (rys. 44b) naniesiono zależności czasowe, występujące między obwodem sygnałowym a przeciwwtórnym. Z wykresu widać, że przekaźnik sygnałowy *S* zadziała po naciśnięciu przycisku sygnałowego *s* i swym stykiem biernym spowoduje przerwanie obwodu przekaźnika *Pwl*. Przekaźnik *Pwl* zwalnia nie od razu, lecz z pewnym opóźnieniem, wynoszącym około 1,5 sek., gdyż ma pierścienie miedziane. Jak widać z wykresu, opóźnienie jest potrzebne dla umożliwienia całkowitego przyciągnięcia kotwicy przez przekaźnik *S* w obwodzie sygnałowym. Brak opóźnienia mógłby spowodować tylko częściowe zadziałanie przekaźnika *S* do momentu przerwania obwodu przekaźnika *Pwl*, który szybko zwalniając przerwałby narastający prąd w obwodzie przekaźnika *S* przed zwarciem jego styku czynnego we własnym obwodzie. Przekaźnik *S* nie mógłby zakończyć rozpoczętego



Rys. 45. Schemat trzystawnej blokady samoczynnej

przyciągania kotwicy, która by opadła. Styk łączący przekaźnika *S*, a następnie przerywający przekaźnika *Pwl* zamykają obwód świateł i na semaforze nastawiony zostaje sygnał zezwalający na jazdę. Przekaźnik *Kz* kontroluje świecenie żarówki sygnałowej światła zielonego.

Opóźnienia zwalniania przekaźników w schematach zrp potrzebne są do takich celów, jak np.: uzyskanie dostatecznego strumienia magnetycznego w przekaźnikach przełączających swój obwód w czasie przyciągania kotwicy w taki sposób, że może nastąpić krótka przerwa w zasilaniu obwodu (np. przekaźnik sygnałowy semaforów wyjazdowych w urządzeniach mechanicznych z sygnalizacją świetlną); zapobieżenie zwalnianiu przekaźnika, który



Rys. 46. Obwód sygnałowy semafora odstępowego blokady samoczynnej

w czasie swej pracy przełączany zostaje z jednego obwodu na drugi (np. przekaźnik kontrolny światła zielonego i pomarańczowego w blokadzie samoczynnej); uzyskanie okresowego włączania dzwonka lub lampki sygnalizacyjnej; prawidłowa kontrola działania urządzeń (np. kontrola przestawienia napędu); spełnienie wymagań tych rozwiązań, które wykorzystują schematowo czasy zwolnień do uzależnienia kolejnej pracy następnych obwodów (np. przekaźnik zwalniający w urządzeniach przekaźnikowych i obwody sygnalizacji przejazdowej) itp.

Na rysunku 45 przedstawiono schemat trzystawnej blokady samoczynnej na prąd zmienny dla linii dwutorowej, a na rysunku 46 obwód świateł semafora odstępowego. Podany system blokady charakteryzuje się brakiem przewodów zależnościowych między odstępami i dwoma odcinkami izolowanymi na każdym odstępie blokowym, z których jeden położony za semaforem (patrząc w kierunku jazdy) jest odcinkiem krótkim.

Działanie obwodów odstępu *1* blokady samoczynnej (rys. 45) zależy od zajęcia odstępów blokowych *1* i *2*. Z tego względu korzystne jest analizowanie tych obwodów z użyciem tablicy działania przekaźników w różnych okresach stanu obwodów, zależnie od położenia przejeżdżającego przez odstęp pociągu.

Na rysunku 47 podana jest tablica działania przekaźników. Strzałki oznaczają stan przekaźników. Mianowicie strzałka z grotem skierowanym do góry oznacza stan czynny, a strzałka z grotem skierowanym w dół — stan bierny przekaźnika. Położenie zasad-

L.p	Stan odcinka odstępowego 1	Przekaźniki it1a	Przekaźniki it1b	Przekaźniki Kpz1	Przekaźniki Kc1	Sygnał na sem. odstęp.1
1	Stan zasadniczy Odstęp nie zajęty	↑	↑	↑	↓	⦶
2	Pierwsza oś na odcinku it1a	↓	↑	↓	↑	⊖
3	Pierwsza oś na odcinku it1b	↓	↓	↓	↑	⊖
4	Ostatnia oś zjechała z odcinka it1a	↓	↓	↓	↑	⊖
5	Ostatnia oś zjechała z odcinka it1b	↑	↓	↑	↑	⊘
6	Ostatnia os zjech. z nast. długiego odcinka	↑	↑	↑	↓	⦶

Rys. 47. Tablica działania przekaźników występujących w obwodach blokady samoczynnej

nicze trzypołożeniowego przekaźnika indukcyjnego *it 1b* oznaczone zostało dodaniem przy strzałce kreski poziomej skierowanej w prawo, a położenie przełożone — kreską poziomą skierowaną w lewo.

W celu bardziej obrazowego przedstawienia stanu przekaźników w poszczególnych okresach łączenia wprowadzono dodatkowo w tablicy uproszczone wykresy czasowe działania przekaźników. Z rysunku 47 widoczny jest stan przekaźników obwodów blokady samoczynnej i obwodu sygnałowego semafora odstępowego, zależnie od zajmowania izolowanych odcinków odstępu. Przy odstępie nie zajętym wzbudzone są 3 przekaźniki *it1a, it1b* i *Kpz1* w obwodach, które można łatwo odczytać na przedstawionych schematach. Obwody te można przedstawić zapisując je w następującej postaci:

a) obwód wzbudzenia przekaźnika *it1a*: ∾ *T11*, 40 Ω, tok szyny *1* (krótki odcinek izolowany), *T12*, *it1a* ↑, $\overline{it1a}$, *T12*, tok szyny *2*, *it1a* ↑, *T11* ∾; strzałka przy opisie literowym styków oznacza stan przekaźnika, którego styk zamyka obwód; kreska pozioma nad opisem literowym przekaźnika oznacza stan czynny przekaźnika, a pod opisem — stan bierny;

b) obwód wzbudzenia przekaźnika *it1b*: ∾ *T21*, *Kpz2* ↑, *Kc2* ↓, 16 Ω, tok szyny *1* (długi odcinek izolowany), *T13*, $\overline{it1b}$, *T13*, tok szyny *2*, *Kc2* ↓, *T21*∾;

c) obwód wzbudzenia przekaźnika *Kpz1* (rys. 46): ∾*T14*, *it1a* ↑ i $\overline{Kpz1}$, *it1b* ↑, żarówka *z*, *T14*∾.

Po wjeździe pierwszej osi pociągu na odcinek *it1a* (rys. 47, stan *2*) przekaźnik *it1a* przechodzi w stan bierny i swym stykiem przerywa obwód przekaźnika *Kpz1* oraz żarówki światła *z*, a zamyka obwód przekaźnika *Kc1* i żarówki światła *c*. Na semaforze odstępowym *1* wyświetla się sygnał „Stój".

W miarę przejazdu pociągu następują dalsze zmiany w obwodach, widoczne na rysunkach 45 i 46.

Położenia tarczki trzypołożeniowego przekaźnika *it 1b* zależą od sygnałów ukazujących się na następnym semaforze odstępowym *2* (rys. 45). Jeżeli na semaforze *2* świeci się światło zielone, to fazy zasilania odcinka *it1b* powodują zasadnicze położenie tarczki przekaźnika *it1b*. Po ukazaniu się światła czerwonego na semaforze *2* następuje przełączenie faz zasilania odcinka *it1b* i tarczka przekaźnika *it1b* przestawia się w położenie przełożone. Przekaźnik *it1a* zostaje wzbudzony i na semaforze *1* gaśnie światło *c*, a zapala się światło *p* (pomarańczowe). Po zjechaniu ostatniej osi pociągu z odcinka *it2b* i ukazaniu się na semaforze *2* światła *p* (rys. 47, stan *6*) układ odstępu *1* wraca do stanu zasadniczego (rys. 47, stan *1*).

Tablica działania przekaźników jest również pożyteczna przy rozpatrywaniu innych schematów, np. schematów sygnalizacji przejazdowej.

Opóźnione zwalnianie przekaźnika *Kpz1* (rys. 46) chroni przed przejściowym ukazaniem się światła *c* na semaforze *1* w razie zmiany światła *p* na *z*. Oporniki bocznikujące przekaźniki *Kpz1* i *Kc1* obniżają natężenie prądu w tych przekaźnikach do wartości wymaganej dla właściwej ich pracy.

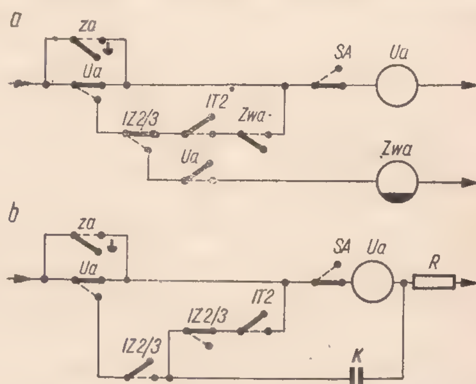
W urządzeniach przekaźnikowych obecnie stosowanych na PKP zasadniczymi obwodami zależnościowymi są: obwód przekaźnika sygnałowego *S* (rys. 48), obwód przekaźnika utwierdzenia przebiegu *U* i obwód przekaźnika zwalniającego *Zw* (rys. 49).

Na rysunku 48 widoczny jest obwód przekaźnika *S* semafora



Rys. 48. Obwód przekaźnika sygnałowego urządzeń przekaźnikowych

wjazdowego *A*. W obwodzie tym kontroluje się właściwe położenie zwrotnic przejeżdżanych i ochronnych, wchodzących w dany przebieg (styki *Kn*), nie zajęcie zwrotnic *(IZ)* i torów *(IT)* oraz brak przebiegów sprzecznych pociągowych (*Ub*) i manewrowych (*Utm2*).

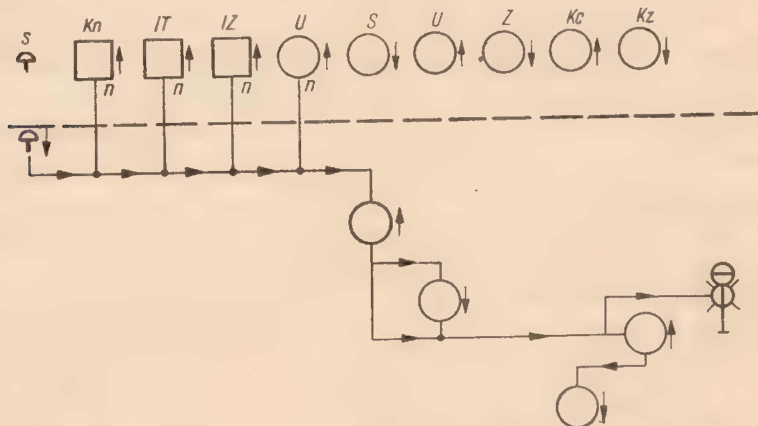


Rys. 49 Obwód zwolnienia przebiegu
a — z przekaźnikiem *Zw*, *b* — z kondensatorem

Przekaźnik *SA* zostaje wzbudzony po naciśnięciu przycisku sygnałowego *sA* i jest zasilany w obwodzie przez własny styk, bocznikujący styk przycisku *sA*, do chwili wjazdu pierwszej osi pociągu na pierwszy w kierunku jazdy odcinek izolowany przebiegu. Wyciągnięcie przycisku sygnałowego w położenie *oA* powoduje przerwanie obwodu przekaźnika *SA* i zmianę na semaforze sygnału zezwalającego na jazdę na sygnał „Stój".

Wzbudzony przekaźnik *SA* przerywa obwód przekaźnika utwierdzenia *Ua* (rys. 49), który zwalnia swą kotwicę, wyłączając inne sprzeczne przebiegi i możliwość przestawienia zwrotnic wchodzących w przebieg. Opisane zależności i kolejność pracy przekaźników zostały przedstawione obrazowo na wykresie (rys. 50). Z wykresu tego widać, że obwód przekaźnika *S* będzie zamknięty po naciśnięciu przycisku *s* (strzałka z grotem skierowanym w dół obok

symbolu przycisku) i przy czynnym stanie przekaźników *Kn(n)*, *IT(n)* i *U(n)*. Litera *n* oznacza, że chodzi o wszystkie zwrotnice i odcinki izolowane wchodzące w dany przebieg oraz o przebiegi sprzeczne z danym przebiegiem. Wzbudzony przekaźnik *S* (grot strzałki skierowany do góry) powoduje zwolnienie przekaźnika *U* dla nastawianego przebiegu. Linia poprowadzona od znajdującego się w stanie czynnym przekaźnika *S*, która łączy się z linią wyprowadzoną od znajdującego się w stanie biernym przekaźnika *U*, prowadzi do przekaźnika *Kz* i żarówki zielonego światła semafora.



Rys. 50. Wykres zależności i kolejności działania przekaźników

Oznacza to, że wzbudzenie przekaźnika kontrolnego *Kz* światła zielonego i zaświecenie się żarówki światła *z* zależy od stanu przekaźników *S* i *U*. Z wykresu widać również, że wzbudzony przekaźnik *Kz* przerywa obwód przekaźnika kontrolnego światła czerwonego *Kc*.

Podany wykres pozwala obrazowo przedstawić zależności występujące w obwodzie, kolejność pracy przekaźników i wzajemne współdziałanie obwodów. Pomaga on do zaznajomienia się ze schematami zwłaszcza obwodów ze złożonymi zależnościami i o dużej ilości przekaźników. Wykres układa się według podanej zasady dla każdego poszczególnego okresu działania obwodów, np. dla przestawienia zwrotnicy, zwalniania przebiegu itd.

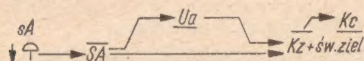
Innym sposobem ułatwiającym czytanie schematów jest zapisanie kolejności działania przekaźników z symbolicznym zaznacze-

niem (poziomą linią zakończoną strzałką) zależności między poszczególnymi przekaźnikami.

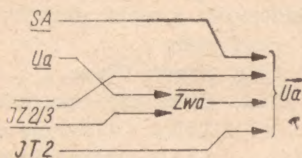
Opisane i przedstawione obrazowo na wykresie (rys. 50) nastawienie na semaforze sygnału „Wolna droga" można zapisać w sposób podany na rysunku 51.

Dwie linie zakończone strzałkami, które dochodzą do przekaźnika *Kz*, oznaczają, że przekaźnik ten jest wzbudzony po uprzednim wzbudzeniu przekaźnika *SA* (dolna linia ze strzałką) i po przejściu w stan bierny przekaźnika *Ua* (górna kreska ze strzałką).

Obwód dla zwolnienia przebiegu (rys. 49a) zostaje przygotowany po zajęciu przez pierwszą oś pociągu odcinka izolowanego ostatniej zwrotnicy w przebiegu *IZ2/3*.



Rys. 51. Zapisanie nastawienia sygnału „Wolna droga"



Rys. 52. Zapisanie zwalniania przebiegu

Przekaźnik *IZ2/3* przechodzi w stan bierny i zamyka obwód przekaźnika *Zwa*, który przyciąga kotwicę. Po zjechaniu ostatniej osi pociągu z odcinka *IZ2/3* przekaźnik torowy *IZ2/3* zostaje wzbudzony. Przerywa on obwód przekaźnika *Zwa* i zamyka obwód przekaźnika *Ua*. Ponieważ przekaźnik *Zwa* o opóźnionym zwalnianiu pozostaje jeszcze w stanie czynnym, a przekaźnik *IT2* zwolnił kotwicę wskutek zajęcia przez pociąg toru *2*, dla przekaźnika *Ua* tworzy się obwód zasilania i zostaje on wzbudzony. W stanie czynnym przekaźnik *Ua* zasilany jest przez swój własny styk i styk bierny przekaźnika *SA*. Opóźnione zwalnianie przekaźnika *Zwa* jest potrzebne do stworzenia warunków pewnego przyciągania kotwicy przez przekaźnik *Ua*.

Opisany cykl zwalniania przebiegu i występujące w nim zależności między przekaźnikami można zapisać w sposób podany na rysunku 52.

W nowoopracowywanych przez WBS i PBKol schematach zastąpiono przekaźnik *Zw* kondensatorem (rys. 49b). Kondensator ładuje się po wjeździe pierwszej osi pociągu na odcinek *IZ2/3*, a następnie rozładowuje się w obwodzie z przekaźnikiem *Ua* po zwolnieniu przez pociąg odcinka *IZ2/3*.

SPIS TREŚCI

Rozdział I. **Wiadomości ogólne**

Rozdział II. **Oznaczenia stosowane w schematach**

Rozdział III. **Cechy charakterystyczne schematów**

